TESIS DE DOCTORADO

HACIA UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA SOSTENIBLE EN GALICIA: DE LA POLÍTICA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR

Edelina Rosa Torres López

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL

SANTIAGO DE COMPOSTELA

2021

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS

Hacia una industria alimentaria sostenible en Galicia: de la política de prevención y control de la contaminación a la economía circular

Dña. Edelina Rosa Torres López

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento, y declaro que:

1) La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.
2) De ser el caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.
3) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.
4) Confirmo que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.

En Santiago de Compostela, 21 de enero de 2021

Fdo.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

AUTORIZACIÓN DE LA DIRECTORA Y TUTORA DE LA TESIS

Hacia una industria alimentaria sostenible en Galicia: de la política de prevención y control de la contaminación a la economía circular

Profa. Dra. Dª. Pastora María Bello Bugallo

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por Dª. Edelina Rosa Torres López, bajo mi dirección y tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como directora de ésta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

De acuerdo con lo indicado en el Reglamento de Estudios de Doctorado, declara también que la presente tesis doctoral es idónea para ser defendida en base a la modalidad de Monográfica con reproducción de publicaciones, en los que la participación de la doctoranda fue decisiva para su elaboración y las publicaciones se ajustan al Plan de Investigación.

En Santiago de Compostela, 21 de enero de 2021

Fdo. Pastora María Bello Bugallo

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

TABLA DE CONTENIDOS

Índice de Figuras ix

Índice de Tablas xi

Índice de Acrónimos xv

Resumen 1

Resumo iii

Summary v

1 Introducción y objetivos 7

1.1 Antecedentes políticos en el ámbito internacional 9
1.2 Antecedentes políticos en el ámbito europeo 14
1.3 Las actividades industriales y la intervención ambiental 17
1.4 La política de prevención y control de la contaminación 19
1.5 La industria alimentaria y la PCIC 20
1.6 OBJETIVOS ***23***

2 Prevención y control integrados de la contaminación 27

2.1 Antecedentes 27
2.1.1 Instalaciones y autorización ambiental integrada 28
2.1.2 Intercambio de información: VLE y MTD 28
2.1.3 Inventarios públicos de emisiones: del EPER al PRTR 32
2.1.4 Aplicación estatal de la Directiva IPPC 34
2.1.5 Aplicación a la Comunidad Autónoma de Galicia de la Directiva PCIC 36
2.1.5.1 Instalaciones afectadas 37
2.1.5.2 Autorización Ambiental Integrada 37
2.1.5.3 Estudios sectoriales 40
2.2 Contexto actual 41
2.3 Síntesis y comparativa de las 2 fases IPPC: aplicación estatal y a Galicia 43
2.4 De la PCIC a la economía circular 47

3 Industria de conserva de pescados y mariscos 51

3.1 Resumen 52
3.2 Introducción 55
3.2.1 La industria de conserva de pescados y mariscos en Galicia 55
3.3 Metodología 58
3.4 Análisis de un proceso de conserva de pescado y mariscos genérico 59
3.4.1 Descripción del proceso 59
3.4.1.1 Operaciones previas 59
3.4.1.2 Procesado 63
3.4.1.3 Operaciones finales 63
3.4.1.4 Operaciones auxiliares 64
3.4.2 Entradas y salidas principales al y del proceso 64
3.4.2.1 Entradas 64
3.4.2.2 Salidas 65
3.5 Selección de plantas 66
3.6 Recopilación de datos 66
3.6.1 Planta A 67
3.6.2 Planta B 67
3.6.3 Planta C 67
3.6.4 Planta D 68
3.7 Impactos ambientales 68
3.7.1 Emisiones al aire 71
3.7.2 Emisiones al agua 73
3.7.3 Residuos 74
3.8 Análisis de MTD 75
3.9 Evaluación del grado de implantación de la filosofía de PCIC 84
3.10 Conclusiones 85

4 Industria de transformación de la leche 89

4.1 Resumen 90
4.2 Introducción 93
4.2.1 La industria láctea 93
4.2.2 Industria láctea en Galicia 95
4.2.3 La calidad en las industrias lácteas 97
4.3 Metodología 103
4.4 Análisis de un proceso genérico del sector lácteo 105
4.4.1 Descripción del proceso 105
4.4.1.1 Operaciones previas 109
4.4.1.2 Procesado 111
4.4.1.3 Post-procesado 112

4.4.1.4 Operaciones auxiliares 112
4.4.2 Entradas y salidas principales del proceso 113
4.4.2.1 Entradas 113
4.4.2.2 Salidas 116
4.5 Selección de las plantas lácteas 117
4.6 Recopilación de datos 118
4.7 Impactos medioambientales 120
4.7.1 Emisiones al aire 122
4.7.2 Emisiones al agua 123
4.7.3 Residuos 124
4.8 Análisis de las Mejores Técnicas disponibles 125
4.9 Evaluación del grado de implementación del enfoque de PCIC 133
4.10 Conclusiones 134

5 Mataderos 137

5.1 Resumen 138
5.2 Introducción 140
5.2.1 Análisis regional del sector 142
5.3 Metodología 144
5.4 Análisis del sistema productivo de mataderos 145
5.4.1 Descripción del proceso 145
5.4.1.1 Operaciones previas 146
5.4.1.1.1 Recepción de animales 149
5.4.1.1.2 Lairaje (confinamiento) de animales 149
5.4.1.1.3 Aturdimiento 149
5.4.1.1.4 Colgado 150
5.4.1.2 Procesado (sacrificio y preparación) 150
5.4.1.2.1 Ganado porcino 150
5.4.1.2.2 Conejos, rumiantes y solípedos 151
5.4.1.2.3 Ganado avícola 152
5.4.1.2.4 Preparación de la canal 152
5.4.1.3 Postprocesado 153
5.4.1.3.1 Tratamiento de aguas residuales 153
5.4.1.3.2 Gestión de subproductos y residuos 154
5.4.1.4 Operaciones auxiliares 155
5.4.1.4.1 Desinfección y limpieza 155
5.4.1.4.2 Mantenimiento de las instalaciones 155
5.4.2 Aspectos ambientales potenciales 156
5.4.2.1 Consumos 156
5.4.2.2 Emisiones 159

5.4.2.3 Impactos ambientales 165
5.5 Definición del caso de estudio *165*
5.5.1 Selección de plantas 165
5.5.2 Recopilación de datos 166
5.6 Análisis cualitativo *167*
5.6.1 Planta A 167
5.6.2 Planta B 168
5.6.3 Planta C 169
5.6.4 Planta D 170
5.6.5 Planta E 171
5.7 Análisis cuantitativo *171*
5.7.1 Consumos 172
5.7.2 Emisiones al aire 174
5.7.3 Emisiones al agua 177
5.7.4 Residuos 179
5.8 Análisis de MTD *182*
5.9 Evaluación de impacto *194*
5.10 Evaluación del grado de aplicación de la filosofía de PCIC *201*
5.11 Conclusiones *203*

6 Industria del procesado del mejillón **205**

6.1 Resumen *206*
6.2 Introducción *207*
6.2.1 AFME y análisis de MTD 210
6.3 Caso de estudio *211*
6.4 Metodología *212*
6.5 Definición del sistema de estudio *214*
6.5.1 Identificación de la planta industrial 214
6.5.2 Análisis cualitativo del proceso industrial seleccionado 214
6.6 AFME *224*
6.6.1 Recopilación de datos 224
6.7 Modelización de escenarios *226*
6.7.1 Selección del software 226
6.7.2 Modelización del sistema 227
6.7.2.1 Operaciones previas 240
6.7.2.2 Procesado 241
6.7.2.3 Operaciones finales 242
6.7.2.4 Operaciones auxiliares 242
6.7.3 Ejecución del modelo y resultados de AFME 244
6.7.3.1 Operaciones previas 246
6.7.3.2 Procesado 249
6.7.3.3 Operaciones finales 250

6.7.3.4 Operaciones auxiliares 250
6.8 Selección de FM *251*
6.9 Análisis de MTD *252*
6.9.1 Recompilación e inventario de técnicas candidatas a ser MTD 252
6.9.2 Identificación de las MTD ya implementadas 253
6.10 Selección de MTD según los FM *253*
6.10.1 Operaciones previas 253
6.10.2 Procesado 254
6.10.3 Generación de vapor 255
6.11 Resultados y discusión *256*
6.12 Conclusiones *257*

7 Conclusiones **261**

Referencias **271**

Difusión de resultados **301**

Publicaciones en revistas científicas *301*
Proceedings en Congresos Internacionales *301*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Instalaciones afectadas en Galicia por la IPPC en la primera fase (2005) 37
Figura 2.2. Guía metodológica sobre la AAI en Galicia en la primera fase 38
Figura 2.3. Guías metodológicas sectoriales sobre la AAI en Galicia en la primera fase 41
Figura 2.4. Número de procedimientos de AAI en relación con el tipo (concesiones, renovaciones, actualizaciones, modificaciones) 45
Figura 2.5. Número de instalaciones por categorías de actividades IPPC de la primera fase (Anexo I de la Ley 16/2002) 46
Figura 2.6. Número de instalaciones por categorías de actividades IPPC de la segunda fase (Anexo I. Ley 5/2013 y RDL 1/2016) 47
Figura 3.1. Productos envasados en España en 2018 (datos de INE, 2020) 55
Figura 3.2. Productos envasados en Galicia en 2019 (IGE, 2020) 56
Figura 3.3. Diagrama de flujo genérico para el proceso de conserva de pescado y mariscos 61
Figura 4.1. Producción de la industria láctea en España en 2013 (MAGRAMA, 2017) 96
Figura 4.2. Producción de la industria láctea en España en 2019 (MAPA, 2020) 96
Figura 4.3. Diagrama de flujo de la metodología aplicada 104
Figura 4.4. Etapas generales del proceso productivo de la industria láctea 107
Figura 5.1. Distribución de la producción de carne en 2019 España (a) y en Galicia (b) en toneladas (MAPA, 2020) 143
Figura 5.2. Diagrama de flujo de la metodología 144
Figura 5.3. Etapas generales del proceso productivo del matadero 147
Figura 5.4. Balance típico de agua para mataderos avícolas 157
Figura 5.5. Balance típico de agua para mataderos de porcino 157
Figura 5.6. Esquema de emisiones y efectos potenciales asociados a la actividad 166
Figura 5.7. Agua consumida y efluente generado (m^3) por ton de canal de carne procesada 180
Figura 5.8. Energía consumida (GJ) por ton de canal de carne procesada 180
Figura 5.9. Emisiones al aire de cada planta (kg de contaminante/tonelada de canal procesado) 181

Figura 5.10. Emisiones al agua de cada planta (kg de contaminante/tonelada de canal procesado) 182
Figura 5.11. Ficha para una MTD candidata 194
Figura 5.12. Impactos resultantes para cada planta por categoría considerada 198
Figura 5.13. Contribución (normalizada) de cada planta a las categorías de impacto disponibles (Plantas: A, B, C, D, E) 200
Figura 6.1. Diagrama de flujo y aspectos ambientales del proceso seleccionado 215
Figura 6.2. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de operaciones previas 217
Figura 6.3. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de procesado 219
Figura 6.4. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de Operaciones finales 221
Figura 6.5. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de Operaciones Auxiliares: tratamiento de agua de mar 223
Figura 6.6. Redes del proceso (1er nivel y 2º nivel) 231
Figura 6.7. Especificaciones para transiciones lineales 234
Figura 6.8. Expresiones matemáticas programadas para transiciones incluidas en las redes de 2º nivel 239
Figura 6.9. Diagramas Sankey para las etapas de 'operaciones previas' y 'procesado' 246
Figura 6.10. Diagramas Sankey de diferentes tipos de materiales para el proceso global 247

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sustancias (grupos, familias o categorías) consideradas en el Anexo III de la directiva para los que deben establecerse los VLE 28
Tabla 2.2. Documentos de referencia sobre las MTD (BREF) en la primera fase 31
Tabla 2.3. Legislación y documentos legales IPPC 44
Tabla 3.1. Entradas y capacidad de producción para cada planta (Xunta de Galicia, 2009) 66
Tabla 3.2. Factores de emisión para los contaminantes al aire 69
Tabla 3.3. Factores de emisión para los contaminantes al agua 71
Tabla 3.4. Emisiones al aire calculadas para cada planta, $\hat{E}i,j$ 72
Tabla 3.5. Emisiones al agua calculadas para cada planta, Êi,j 74
Tabla 3.6. Residuos reportados por cada planta, Êi,j (datos adaptados de Gobierno de España, 2007b) 75
Tabla 3.7. MTD implementadas en cada planta 76
Tabla 4.1. Evolución de la distribución de producción de leche en España 94
Tabla 4.2. Parámetros fisicoquímicos de los productos lácteos 99
Tabla 4.3. Contenido en grasa de diferentes tipos de leche 110
Tabla 4.4. Entradas y capacidad de producción para cada planta 119
Tabla 4.5. Factores de emisión para los contaminantes al aire (referido a 1 t de leche cruda) 120
Tabla 4.6. Factores de emisión para los contaminantes al agua (referido a 1 t de leche cruda) 121
Tabla 4.7. Emisiones al aire calculadas para cada planta en kg/t 122
Tabla 4.8. Emisiones al agua calculadas para cada planta en g/t 123
Tabla 4.9. Residuos reportados para cada planta en kg/año (datos de 2013 para las plantas A, B y C, y de 2007 para las plantas D y E) 124
Tabla 4.10. MTD ya implementadas en cada planta (el área sombreada muestra que la técnica ya está implementada) 128
Tabla 5.1. Clasificación PCIC de las actividades de matadero 141
Tabla 5.2. Contaminantes potenciales emitidos para los mataderos y su umbral de emisión (CE, 2006a) 141
Tabla 5.3. Técnicas para el tratamiento de aguas residuales en mataderos 153
Tabla 5.4. Tipo de subproducto y su posible destino final 154
Tabla 5.5. Consumo de energía eléctrica y térmica (PNUMA, 2000) 158
Tabla 5.6. Agentes de limpieza en matadero (CE, 2005) 159
Tabla 5.7. Rango de emisiones gaseosas de mataderos de cerdos (CE, 2005)) 160

Tabla 5.8. Características generales de las aguas residuales del matadero 160
Tabla 5.9. Tipología y gestion de residuos en mataderos 162
Tabla 5.10. Emisiones en mataderos porcinos en mg/ton (CE, 2005) 165
Tabla 5.11. Entradas y capacidad de producción para cada planta (Xunta de Galicia, 2018) 173
Tabla 5.12. Emisiones al aire notificadas desde *PRTR* y calculadas (Eij) para cada planta (kg/año) 174
Tabla 5.13. Valores de cada factor de emisión (f_i) asociado al contaminante atmosférico (uso de la energía) 175
Tabla 5.14. Factores de emisión para contaminantes al aire en relación con el confinamiento animal y PTAR 177
Tabla 5.15. Emisiones al agua notificadas desde *PRTR* y calculadas (Eij) para cada planta 177
Tabla 5.16. Factores de emisión para contaminantes al agua 178
Tabla 5.17. Residuos notificados y calculados para cada planta 179
Tabla 5.18. MTD ya implementadas en cada planta (A, B, C, D y E) para las etapas de operaciones previas, postprocesado y operaciones auxiliares (el área sombreada muestra que la técnica ya está implementada) 185
Tabla 5.19. MTD ya implementadas en cada planta (A, B, C, D y E) para la etapa de procesado (El área sombreada muestra que la técnica ya está implementada) 188
Tabla 5.20. Mejores Prácticas Ambientales (MPA)* 190
Tabla 5.21. MTD implementadas por proceso y por planta 190
Tabla 5.22. Categorías de impacto ambiental (Renou et al., 2008; métodos LCIA, 2017; EPA, 2005) 195
Tabla 5.23. Disponibilidad de categorías de impacto por método. √ representa que la categoría de impacto se tiene en cuenta en el método correspondiente (métodos LCIA, 2017) 197
Tabla 6.1. Especificaciones de entradas y salidas de material (medidas in situ) 224
Tabla 6.2. Especificaciones de subproductos potenciales mediante análisis de laboratorio 225
Tabla 6.3. Capacidad máxima de algunas etapas 225
Tabla 6.4. Factores de emisión 240
Tabla 6.5. Balance de materia global para el proceso de cocción de mejillones (cantidades es kg) 244
Tabla 6.6. Emisiones atmosféricas derivadas de procesos de combustión 248
Tabla 6.7. Flujos mejorables identificados para el proceso 251

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AAI: Autorización Ambiental Integrada
ACO: Alta Carga Orgánica
ACV: Análsisis del Ciclo de Vida
AEM: Agencia Europea de Medio Ambiente
AFM: Análisis de Flujos de Materiales
AFME: Análisis de Flujos de Materia y Energía
BAT: *Best Available Techniques*
BATC: Best Available Techniques Conclusions
BCO: Baja Carga Orgánica
BPA: Buenas Prácticas Ambientales
BREF: *Reference Document on BAT* (Documento de Referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles)
CE: Comisión Europea
CFC: Clorofluorocarbono
CIP: Clean In Place
COV: Compuestos Orgánicos Volátiles
COVNM: Compuestos orgánicos distintos del metano
DBO: Demanda Biológica de Oxígeno
DEI: Directiva de Emisiones Industriales
DOP: Denominación de Origen Protegida
DQO: Demanda Química de Oxígeno
EEA: European Environment Agency
EI: Evaluación de Impacto
EICV: Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida
EIA: Environmental Impact Assessment
EIPPCB: European IPPC Bureau
EPA: Environmental Protection Agency
EPER: Inventario de emisiones y fuentes responsables (*European Pollutant Emission Register*)
E-PRTR: European PRTR
FAD: Flotación por Aire Disuelto
FM: Flujos Mejorables

HAP: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
HFCC: Hidrofluoroclorocarbonos
ICV: Inventario del Ciclo de Vida
IEF: Information Exchange Forum
IPPC: Integrated Pollution Prevention and Control
IPTS: Institute for Prospective Technological Studies
LA: Lodos Activados
LCT: Life Cycle Thinking
LCIA: Life Cycle Inventory Analysis
LER: Lista Europea de Residuos
MER: Material Específico de Riesgo
MPA: Mejores Prácticas Ambientales
MTD: Mejores Técnicas Disponibles
NACE: Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea
NT: Nitrógeno Total
OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU: Organización de la Naciones Unidas
PCIC: Prevención y Control Integrados de la Contaminación
PCS: Poder Calorífico Superior
PRTR: Pollutant Release and Transfer Registers
PT: Fósforo total
PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RBS: Reactor Biológico Secuencial
RETC: Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes
SANDACH (Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano)
SGA: Sistema de Gestión Ambiental
SIRGA: Sistema de Información sobre Residuos de Galicia
SST: Sólidos en Suspensión Totales
TWG: Technical Working Group
UE: Unión Europea
UV: Ultravioleta
VLE: Valores Límite de Emisión

RESUMEN

En las últimas décadas del siglo XX, el medio ambiente experimentó un aumento de efectos negativos producto de las actividades derivadas del desarrollo de la sociedad, es decir, actividades antropogénicas, sobre todo debidas al desarrollo de la industria y el transporte. Todo este desarrollo, que pretende un aumento de la calidad de vida del ser humano en el Planeta, ha empobrecido el **capital natural**. Con el fin de afrontar el reto de proteger el medio ambiente, los gobiernos internacionales comenzaron a desarrollar medidas orientadas al desarrollo económico sin dañar el medio ambiente, especialmente a partir de los años 70 del siglo pasado. En Europa, a partir de 1973 comenzaron a desarrollarse los programas marco de acción en materia de medio ambiente. El V Programa Marco de Acción medioambiental de la Comunidad Europea titulado "Hacia un Desarrollo Sostenible", sentó las bases de la agenda medioambiental de la década de 1990. Este programa fijó objetivos a largo plazo con un enfoque horizontal con el fin de considerar los diferentes temas ambientales. Por primera vez, se consideró como prioridad el **control** de la contaminación de forma **integrada**, y, con el fin de aplicar el principio de prevención de la contaminación, se añadió la importancia de una **prevención** previa y prioritaria de la contaminación también de forma **integrada**. En este contexto se publicó la Directiva *IPPC* (CE, 1996) de su acrónimo en inglés *Integrated Pollution Prevention and Control* (Prevención y Control Integrados de la Contaminación -PCIC-).

A finales de 2020 el VII Programa marco de medio ambiente "Vivir bien respetando los límites de nuestro Planeta" que se inspiró en la visión de 2050 de nuestra prosperidad y nuestro medioambiente saludable, consecuencia de una **economía circular innovadora**, dará lugar a corto plazo al VIII Programa Marco, cuyo objetivo a largo plazo es que los ciudadanos vivan en una **economía regenerativa**, en la que no se desperdicie nada, no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero, y el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos y la degradación medioambiental, sentando las bases de, entre otros aspectos, la valoración del **capital natural**.

En este contexto esta tesis sigue la evolución del sector de transformación de productos alimenticios en la comunidad autónoma de Galicia desde la aparición a finales del siglo pasado de la política de prevención y control integrados de la contaminación y durante más de 20 años. Este seguimiento se realiza mediante la evaluación de la eficacia de la implantación de dicha política analizando el funcionamiento ambiental de plantas seleccionadas por sectores mediante la propuesta y aplicación metodologías innovadoras, teniendo en cuenta siempre las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y su carácter dinámico. Una vez analizada la eficacia de la política se propone un ejemplo de aplicación futuro de dichas técnicas en un contexto de economía circular como etapa obligatoria para una futura **economía regenerativa**.

La hipótesis principal de este trabajo es que las actividades industriales del sector de transformación de productos alimenticios más representativas de la comunidad autónoma de Galicia (procesado de pescado y mariscos, industria de transformación de la leche y mataderos), afectadas desde principios de siglo por la política de PCIC, evolucionen a través de técnicas de economía circular (Mejores Técnicas Disponibles) a una economía regenerativa a largo plazo. Se trata de evaluar la eficacia de la implantación de la política PCIC durante dos décadas, detectar debilidades y proponer mejoras en el proceso de implantación de las "Mejores Técnicas Disponibles" como técnicas para la economía circular. De este modo los programas marco de medio ambiente se irán adaptando para contribuir a los objetivos planteados en el VII y VIII Programa Marco de Medio Ambiente de la Unión Europea y avanzarán hacia la visión que a largo plazo plantean: que los ciudadanos vivan en una **economía regenerativa**, en la que no se desperdicie nada, no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero, y el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos y la degradación medioambiental, sentando las bases de, entre otros aspectos, la valoración del **capital natural**.

RESUMO

Nas últimas décadas do século XX, o medio ambiente experimentou un aumento dos efectos negativos como resultado de actividades derivadas do desenvolvemento da sociedade, é dicir, actividades antrópicas, debido principalmente ao desenvolvemento da industria e o transporte. Todo este desenvolvemento que ten como obxectivo aumentar a calidade de vida dos seres humanos no planeta empobreceu o capital natural. Para afrontar o reto de protexer o medio ambiente, os gobernos internacionais comezaron a desenvolver medidas destinadas ao desenvolvemento económico sen danar o medio ambiente, especialmente a partir dos anos 70 do século pasado. En Europa, os programas marco de acción sobre o medio ambiente comezaron a desenvolverse en 1973. O V Programa marco de acción ambiental da Comunidade Europea "Cara ao desenvolvemento sostible" sentou as bases da axenda ambiental dos anos noventa. Este programa fixou obxectivos a longo prazo cun enfoque horizontal para considerar diferentes problemas ambientais. Por primeira vez, o control da contaminación de forma integrada considerouse unha prioridade e, para aplicar o principio de prevención da contaminación, tamén se engadiu a importancia dunha prevención previa e prioritaria da contaminación de forma integrada. Neste contexto publicouse a Directiva IPPC (CE, 1996), a partir das súas siglas en inglés *Integrated Pollution Prevention and Control* (PCIC)

A finais de 2020, o VII Programa Marco de Medio Ambiente "Vivir ben respectando os límites do noso planeta", que se inspirou na visión de 2050 da nosa prosperidade e do noso ambiente saudable como consecuencia dunha innovadora economía circular, conducirá a curto prazo ao VIII. Programa marco, cuxo obxectivo a longo prazo é que os cidadáns vivan nunha economía rexenerativa, na que non se desperdicia nada, non hai emisións netas de gases de efecto invernadoiro e o crecemento económico desvincúlase do uso dos recursos e da degradación ambiental, sentando as bases da valoración do capital natural, entre outros aspectos.

Neste contexto, esta tese segue a evolución do sector da transformación de alimentos na comunidade autónoma de Galicia dende a aparición a finais do século pasado da política integrada de prevención e control da contaminación e durante máis de 20 anos. Este seguimento lévase a cabo avaliando a eficacia da aplicación da devandita política, analizando o comportamento ambiental das plantas seleccionadas por sectores propoñendo e aplicando metodoloxías innovadoras, sempre tendo en conta as Mellores Técnicas Dispoñibles e a súa natureza dinámica. Unha vez analizada a eficacia da política, proponse un exemplo de aplicación futura destas técnicas nun contexto de economía circular como unha etapa obrigatoria para unha futura economía rexenerativa.

A principal hipótese deste traballo é que as actividades industriais do sector máis representativo da transformación de produtos alimentarios da comunidade autónoma de Galicia (procesamento de peixe e marisco, lácteos e matadoiros), afectadas desde principios de século pola política PCIC, evolucionan a través de técnicas de economía circular (Mellores técnicas dispoñibles) a unha economía rexenerativa a longo prazo. Trátase de avaliar a eficacia da implementación da política PCIC durante dúas décadas, detectar debilidades e propoñer melloras no proceso de implementación das "Mellores técnicas dispoñibles" como técnicas para a economía circular. Deste xeito, os programas marco ambientais adaptaranse para contribuír aos obxectivos establecidos no VII e VIII Programa Marco para o Medio Ambiente da Unión Europea e avanzarán cara á visión a longo prazo que propoñen: que os cidadáns vivan nunha economía rexenerativo, no que non se desperdicia nada, non hai emisións netas de gases de efecto invernadoiro e o crecemento económico desvincúlase do uso dos recursos e da degradación ambiental, sentando as bases para, entre outros aspectos, a valoración do capital natural.

SUMMARY

In the last decades of the 20th century, the environment experienced an increase in negative effects as a result of activities derived from the development of society, that is, anthropogenic activities, mainly due to the development of industry and transport. All this development that aims to increase the quality of life of human beings on the planet has impoverished natural capital. To meet the challenge of protecting the environment, international governments began to develop measures aimed at economic development without damaging the environment, especially from the 70s of the last century. In Europe, the Framework Programs for Action on the Environment began to be developed in 1973. The V Framework Program for Environmental Action of the European Community "Towards Sustainable Development" laid the foundations for the environmental agenda of the 1990s This program set long-term objectives with a horizontal approach in order to consider different environmental issues. For the first time, pollution control in an integrated way was considered a priority, and, to apply the principle of pollution prevention, the importance of a prior and priority prevention of pollution was added also in an integrated way. In this context, the IPPC Directive (EC, 1996) was published, from its acronym in English Integrated Pollution Prevention and Control.

At the end of 2020, the VII Environment Framework Program “Living well while respecting the limits of our Planet”, which was inspired by the 2050 vision of our prosperity and our healthy environment as a consequence of an innovative circular economy, will lead in the short term to the VIII Framework Program, whose long-term objective is for citizens to live in a regenerative economy, in which nothing is wasted, there are no net greenhouse gas emissions, and economic growth is decoupled from the use of resources and environmental degradation , laying the foundations of, among other aspects, the valuation of natural capital.

In this context, this thesis follows the evolution of the food processing sector in the autonomous community of Galicia since the appearance at the end of the last century of the integrated pollution

prevention and control policy and for more than 20 years. This monitoring is carried out by evaluating the effectiveness of the implementation of this policy, analyzing the environmental performance of plants selected by sectors by proposing and applying innovative methodologies, always taking into account the Best Available Techniques and their dynamic nature. Once the effectiveness of the policy has been analyzed, an example of future application of these techniques in a circular economy context is proposed as a mandatory stage for a future regenerative economy.

The main hypothesis of this work is that the industrial activities of the most representative food product transformation sector of the autonomous community of Galicia (fish and shellfish processing, dairy and slaughterhouses), affected since the beginning of the century by the IPPC policy, evolve through circular economy techniques (Best Available Techniques) to a long-term regenerative economy. It is about evaluating the effectiveness of the implementation of the IPPC policy over two decades, detecting weaknesses and proposing improvements in the process of implementation of the "Best Available Techniques" as techniques for the circular economy. In this way, the environment framework programs will be adapted to contribute to the objectives set out in the VII and VIII Framework Program for the Environment of the European Union and they will advance towards the long-term vision that they propose: that citizens live in a regenerative economy, in which nothing is wasted, there are no net emissions of greenhouse gases, and economic growth is decoupled from the use of resources and environmental degradation, laying the foundations for, among other aspects, the valuation of natural capital.

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El deterioro de la calidad del medio ambiente, a través de la contaminación del aire, las aguas y el suelo, la pérdida de la biodiversidad y la degradación de los hábitats naturales afectan la calidad de vida de las personas. Es por ello que, entre los objetivos de las estrategias políticas actuales de seguridad, como es el caso de la española, se tenga en cuenta el de garantizar la conservación de un medio ambiente de calidad y la protección del patrimonio natural y de la biodiversidad, como medio para mejorar la calidad de vida y contribuir a un desarrollo sostenido y sostenible, con especial incidencia en la lucha contra el cambio climático (Gobierno de España, 2017). Por su parte, el concepto de "seguridad natural" incluye los aspectos de seguridad relacionados con las interacciones entre la explotación de recursos naturales (energéticos, minerales, etc.), el uso de dichos recursos (renovables o no), las infraestructuras, etc. con el medio ambiente y la sociedad. El aspecto más grave de la seguridad natural actualmente es la contaminación atmosférica, a pesar de que en los últimos años los efectos derivados del cambio climático acaparan prácticamente toda la atención de la sociedad (Lema Martínez, 2020)

El **capital natural**, como concepto económico de la seguridad natural, representa los activos naturales en su función de proporcionar entradas de recursos naturales y servicios ambientales para la economía de producción (OCDE, 2001), desde un punto de vista técnico, las "existencias" de recursos renovables y no renovables que se combinan para generar un flujo de beneficios (*Natural Capital Coalition*, 2020) para la humanidad. Estos beneficios son el valor aportado a la sociedad por los servicios proporcionados por ecosistemas y recursos naturales, superando las restricciones de una visión exclusivamente economicista para considerar cualquier otro, como pueden ser beneficios culturales, sociales, etc. (Bello Bugallo, 2017). En un estudio realizado en 2013 se estimaba en 7,3 billones de dólares los costes de capital natural, entendiendo como tales aquellos aspectos por los que no se realizan pago

(*externalities*), correspondientes a los sectores primarios de producción y procesado (TRUCOST, 2013). Para ello consideraba seis aspectos ambientales: el uso del suelo, el consumo de agua, las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación del aire, la contaminación del suelo y del agua, y los residuos (Lema Martínez, 2010)

En las últimas décadas del siglo XX, y especialmente desde 1970 el medio ambiente experimentó un aumento de efectos negativos producto de las actividades derivadas del desarrollo de la sociedad, es decir, actividades antropogénicas sobre todo debidas al desarrollo de la industria y el transporte, impulsado en gran medida por los conflictos, especialmente las guerras mundiales que tuvieron lugar en dicho siglo (desarrollo de la máquina de vapor, el motor de combustión interna, la transformación eléctrica, etc.). Estos efectos negativos producto del desarrollo son interferencias sobre el medio natural en forma de: aumento en la producción de residuos dando lugar a productos no deseados que son desechados muchas veces con características y composiciones no existentes en la naturaleza y peligrosos; vertidos a los medios hídricos que interfieren sobre los ecosistemas tales como ríos, lagos, océano, etc; emisiones a la atmósfera que interfieren sobre la composición de la misma con un impacto sobre la calidad del aire; utilización intensiva de los recursos naturales más allá de la tasa de renovación natural de los mismos. Todo este desarrollo de la sociedad que pretende un aumento de la calidad de vida del ser humano en el planeta ha empobrecido el capital natural.

Para incorporar el capital natural a la toma de decisiones empresariales se han diseñado herramientas que ayuden a identificar y valorar los impactos y las dependencias del capital natural. Este es el caso del Protocolo de Capital Natural (*Natural Capital Coalition*, 2020), está dividido en cinco fases: razones para considerar el capital natural como un aspecto importante para la organización; identificación de impactos positivos o negativos; aspectos más relevantes del capital natural; análisis cualitativo y cuantitativo de los impactos; validación de resultados y puesta en marcha; e identificación de fortalezas y debilidades. De este modo se incorpora la evaluación del capital natural a la toma de

decisiones empresariales (*Natural Capital Coalition*, 2020). Con esta evaluación se dispone de información y conocimiento para la toma de decisiones, definición de estrategias y divulgación por parte de la organización de los aspectos relacionados con el capital natural relevantes (Lema Martínez, 2020)

La economía mundial, por tanto, no tiene más remedio que adaptarse a las limitaciones ambientales y la disponibilidad de recursos, y esto requiere ecoinnovación. La ecoinnovación persigue un avance significativo y demostrable (de cualquier forma) hacia el objetivo del desarrollo sostenible, reduciendo las repercusiones negativas sobre el medio ambiente, mejorando la resiliencia y las presiones ambientales, o logrando un uso más eficiente y responsable. También puede generar empleo y crecimiento y es fundamental para la competitividad de la economía, especialmente en Europa, que históricamente ha basado su crecimiento económico en el uso intensivo de recursos (CE, 2011). Esto es aplicable de igual forma a España y dentro de ella a la Comunidad Autónoma de Galicia, con sus particularidades de producción y consumo.

Los productos, procesos y servicios ambientalmente seguros y eficientes desde el punto de vista energético y de uso de recursos representan una ventaja competitiva cada vez mayor para muchas empresas y sectores. Los fabricantes llevan mucho tiempo reemplazando las soluciones de fin de línea por enfoques de prevención de la contaminación y análogos, más recientemente de ciclo cerrado (economía circular), que minimizan los flujos de materiales y energía al cambiar a otros productos y métodos de producción y reutilizar los residuos como recurso para la producción, todo lo cual reduce los costes. Sin embargo, persisten obstáculos y barreras que aún impiden el pleno aprovechamiento de este potencial.

1.1 ANTECEDENTES POLÍTICOS EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

Con el fin de afrontar el reto de proteger el medio ambiente, los gobiernos internacionales comenzaron a desarrollar medidas orientadas al desarrollo económico sin dañar el medio ambiente.

En la Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972 (ONU, 1972) se

manifiesta por primera vez la preocupación a nivel mundial por la problemática ambiental global. La ONU en 1983 establece la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, siendo presidenta la ministra noruega *Gro Harlem Brundtland*, y redactan un informe con el fin de preparar la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992. Esta Comisión llegó a la conclusión de que "para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias, la protección del medio ambiente y el crecimiento económico habrían de abordarse como una sola cuestión". Una vez redactado el conocido Informe *Brundtland* (ONU, 1987), la Asamblea General de las Naciones Unidas celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), o Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, celebrada en esta ciudad del 3 al 14 de junio de 1992. Los objetivos de esta conferencia se dirigen a cómo lograr un equilibrio justo entre las necesidades (sociales, económicas y ambientales) de las generaciones presentes y de las generaciones futuras y sentar las bases para una asociación mundial entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo, así como entre los gobiernos y los sectores de la sociedad civil, sobre la base de la comprensión de las necesidades y los intereses comunes. En esta conferencia se llegó a tres grandes acuerdos con proyección de futuro:

- Programa 21 (ONU, 1992a). Fue un plan de acción mundial para promover el desarrollo sostenible. Dentro de éste, la Agenda 21 fue el documento de mayor relevancia, dado que era un plan de trabajo operativo para hacer realidad lo acordado en la Cumbre de Río. La Agenda 21 estableció los calendarios y las previsiones de financiación e identificó los agentes responsables de cada tipo de actuación. La filosofía de la Agenda 21 estableció y dió poder a la población local. Este programa contenía más de 2500 recomendaciones prácticas que abordaban los problemas considerados urgentes, y tenía por objetivo preparar el mundo para los retos del siglo XXI incluyendo propuestas concretas en cuestiones sociales y económicas, como lucha contra la pobreza, evolución de las modalidades de producción y de consumo, la dinámica demográfica, la conservación y ordenación de los recursos

naturales, la protección de la atmósfera, los océanos y la diversidad biológica, la prevención de la deforestación y el fomento de la agricultura sostenible.

- Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo (ONU, 1992b). Consistió en un conjunto de 27 principios con los que se definieron los derechos civiles y obligaciones de los Estados. La Declaración de Río definió los derechos y obligaciones de los estados respecto de principios básicos sobre el medio ambiente y el desarrollo. Consideraba que la incertidumbre en el ámbito científico no debe demorar la adopción de medidas de protección del medio ambiente; los Estados tienen el "derecho soberano de aprovechar sus propios recursos"; la eliminación de la pobreza y la reducción de las disparidades en los niveles de vida en todo el mundo son indispensables para el desarrollo sostenible, y la plena participación de la mujer es imprescindible para lograr el desarrollo sostenible.
- Declaración de principios relativos a los bosques. Estableció las directrices para la ordenación más sostenible de los bosques en el mundo.

En la Cumbre de la Tierra de Río además se abrieron a la firma dos instrumentos de fuerza jurídica obligatoria: la Convención Marco sobre el Cambio Climático (ONU, 1992c) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Posteriormente a la Cumbre de la Tierra de 1992, aparece la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Esta comisión tiene como finalidad apoyar, alentar y supervisar a los gobiernos, los organismos de las Naciones Unidas y los grupos principales, (sectores comercial e industrial, las organizaciones no gubernamentales y otros sectores de la sociedad civil), en las medidas a adoptar para aplicar los acuerdos alcanzados en dicha cumbre. En 1997 se celebró en Nueva York la decimonovena sesión especial de la Asamblea General de las Naciones Unidas, conocida como Río +5, en ella los gobiernos examinaron los progresos realizados en la aplicación de los compromisos de Río. Asimismo, se fijaron nuevos objetivos que consisten en realizar mayores progresos cuantificables y adoptar estrategias nacionales de desarrollo sostenible de allí a la próxima reunión de

seguimiento. Se hizo también especial atención a los sectores económicos clave: la energía, el transporte y el turismo. En la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo en 2002 (conocida como Rio +10) el compromiso asumido fue el de fortalecer y mejorar el gobierno en todos los ámbitos con el fin de lograr la aplicación efectiva del Programa 21, los objetivos del desarrollo del Milenio y el Plan de aplicación de las decisiones de la Cumbre. Los objetivos del desarrollo del Milenio se referían a los que se han comprometido a cumplir los 191 estados miembros de las Naciones Unidas para el año 2015 y que concretamente son los siguientes:

- Erradicar la pobreza extrema y el hambre.
- Lograr la enseñanza primaria universal.
- Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.
- Reducir la mortalidad infantil.
- Mejorar la salud materna.
- Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.
- Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.
- Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.

La Cumbre Río +15, celebrada en Indonesia el 2007 concluyó que la preservación del medio ambiente exige la transformación del modelo de desarrollo actual, y manifestó el compromiso imperioso de alcanzar, en un plazo de 30 años, una reforma global de las condiciones ecológicas pero también sociales, económicas y políticas mundiales respetando la diversidad cultural.

La Cumbre de la Tierra Río+20 celebrada en Río de Janeiro en julio de 2012 fue una reunión denominada ‘decepcionante’ por muchos grupos, pero de ella salió un documento de mínimos titulado “El futuro que queremos” (ONU, 2012) en el que los firmantes renovaron el compromiso en favor del desarrollo sostenible y de la promoción de un futuro sostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental para el planeta y para las generaciones presentes y futuras.

En 2015 se adopta por parte de 193 países, la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030. En ella se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que la comunidad internacional tiene

que alcanzar para todas las personas, haciéndolo de una forma sostenible y con equidad. Estos objetivos son los siguientes:

1) Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2) Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
3) Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
4) Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
5) Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
6) Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
7) Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
8) Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9) Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
10) Reducir la desigualdad en y entre los países.
11) Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12) Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13) Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
14) Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
15) Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
16) Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear

instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.

17) Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

1.2 ANTECEDENTES POLÍTICOS EN EL ÁMBITO EUROPEO

En los primeros años después de la constitución de la Comunidad Europea, los problemas del medio ambiente no se consideraron una prioridad. Fue a principios de la década de los años 1970 cuando la Comunidad Europea, consciente de esta problemática, comenzó a actuar desarrollando medidas para proteger el medio ambiente. Concretamente en la Conferencia de París en 1972, se reconoció que en el contexto de la expansión económica y de la mejora de la calidad de vida, se debería tener en cuenta el medio ambiente. Desde entonces se desarrollaron cuatro programas comunitarios de medioambiente con una perspectiva sectorial. El primero incluyó las acciones de 1973 a 1976, y le siguieron el resto con una duración de 5 años cada uno. Se desarrollaron medidas para limitar la contaminación mediante una mínima reglamentación, concretamente se desarrollaron medidas para proteger los recursos naturales (el aire y el agua), para combatir la contaminación acústica, para la gestión de los residuos y la conservación de la naturaleza. En esta fase, los programas consideraron cada uno de estos ámbitos independientemente, sin tener cuenta la interacción de la contaminación de unos sobre otros.

El quinto Programa Marco de Acción medioambiental de la Comunidad Europea denominado "Hacia un Desarrollo Sostenible" (Comunidad Europea, 1992), sentó las bases de la agenda de medio ambiente de la década 1990. Este programa fijó objetivos a largo plazo con un enfoque horizontal con el fin de considerar los diferentes temas ambientales. Por primera vez, se consideró como prioridad **el control de la contaminación de forma integrada**, y se añadió la importancia de una **prevención previa y prioritaria de la contaminación también de forma integrada**. Todo esto debido a la necesidad de un equilibrio más sostenible entre, por un lado, la actividad humana y el desarrollo socioeconómico, y por otro los recursos naturales y la capacidad

de regeneración de la naturaleza. El enfoque horizontal en este programa tuvo en cuenta los siguientes factores de la contaminación: industria, energía, turismo, transporte, agricultura, entre otros.

El sexto Programa de Acción comunitario en materia de medio ambiente fue aprobado el 22 de julio de 2002 por el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (UE, 2002), fue el marco de la política ambiental en la década 2002-2012. Este programa concretó la parte medioambiental de la Estrategia para un desarrollo sostenible de la Unión Europea (aprobada en junio de 2001) y que fue presentada en la Cumbre de Johannesburgo. El objetivo de este programa consistió en conseguir la disociación entre las presiones medioambientales y el crecimiento económico, respetando la diversidad de condiciones de las distintas regiones de la Unión Europea, y manteniendo la coherencia con el principio de subsidiariedad. Este programa se centró en cuatro prioridades: el cambio climático, la biodiversidad, el medio ambiente y la salud; y los recursos naturales y los residuos. El programa de acción previó la adopción de siete estrategias temáticas: contaminación atmosférica, medio marino, uso sostenible de los recursos, prevención y reciclado de residuos, uso sostenible de los plaguicidas, protección de los suelos y medio ambiente urbano. Dichas estrategias se apoyaron en un enfoque global, temático, más que en determinados contaminantes o tipos de actividad económica, como ocurría antes. Fijaron objetivos a largo plazo, fundamentados en la evaluación de los problemas de medio ambiente y en la búsqueda de una sinergia entre las diferentes estrategias y con los objetivos de crecimiento y empleo de la estrategia de Lisboa. Constituyeron igualmente una ocasión para simplificar y aclarar la legislación existente.

En 2013 se adoptó el séptimo Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente “Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta” (UE, 2013). Este programa parte de las siguientes iniciativas estratégicas: la hoja de ruta sobre la gestión eficiente de los recursos, la “estrategia sobre biodiversidad” para 2020 y la “hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050”. En base a ellas establecen 9 objetivos prioritarios:

1) Proteger, conservar y mejorar el capital natural de la Unión.
2) Convertir a la Unión en una economía hipocarbónica, eficiente en el uso de los recursos, ecológica y competitiva.
3) Proteger a los ciudadanos de la Unión de las presiones y riesgos medioambientales para la salud y el bienestar.
4) Maximizar los beneficios de la legislación de medio ambiente de la Unión mejorando su aplicación.
5) Mejorar la base de conocimientos e información de la política de la Unión de medio ambiente
6) Asegurar inversiones para la política en materia de clima y medio ambiente y abordar las externalidades medioambientales.
7) Intensificar la integración medioambiental y la coherencia entre políticas.
8) Aumentar la sostenibilidad de las ciudades de la Unión.
9) Reforzar la eficacia de la Unión a la hora de afrontar los desafíos medioambientales y climáticos a nivel internacional.

La acción hasta 2020 y después de esa fecha se inspira en la siguiente visión de 2050:

> "*En 2050, vivimos bien, respetando los límites ecológicos del planeta. Nuestra prosperidad y nuestro medio ambiente saludable son la consecuencia de una* ***economía circular*** *innovadora, donde nada se desperdicia y en la que los recursos naturales se gestionan de forma sostenible, y la biodiversidad se protege, valora y restaura de tal manera que la resiliencia de nuestra sociedad resulta fortalecida. Nuestro crecimiento hipocarbónico lleva tiempo disociado del uso de los recursos, marcando así el paso hacia una economía segura y sostenible a nivel mundial"*

En octubre de 2020 se publicó la "propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al programa general de acción de la Unión en materia de medio ambiente hasta 2030 (CE, 2020). Los objetivos del futuro VIII Programa Marco en materia de medio ambiente previsiblemente de acuerdo con esta propuesta son:

> *"El VIII PMA tiene como objetivo prioritario a largo plazo para 2050 que los ciudadanos vivan bien, dentro de los límites del planeta, en una* ***economía regenerativa*** *en la que*

no se desperdicie nada, no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero, y el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos y la degradación medioambiental. Un medio ambiente saludable sienta las bases para el bienestar de los ciudadanos, la prosperidad de la biodiversidad y la protección, restauración y valoración del capital natural, de tal manera que la resiliencia frente al cambio climático y a otros riesgos medioambientales resulta fortalecida"

El nuevo programa va más allá todavía de la economía circular proponiendo la **economía regenerativa**, pero no la olvida. Según indica la propuesta, el VIII PMA debe fijar objetivos prioritarios temáticos en los ámbitos de la neutralidad climática, la adaptación al cambio climático, la protección y recuperación de la biodiversidad, la economía circular, el objetivo cero en materia de contaminación y la reducción de las presiones medioambientales asociadas a la producción y el consumo.

1.3 LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y LA INTERVENCIÓN AMBIENTAL

Las actividades industriales juegan un papel fundamental en el bienestar socioeconómico de Europa pero también son una fuente significativa de la contaminación ambiental. Las instalaciones industriales son las responsables de una cantidad considerable de las emisiones totales de contaminantes atmosféricos clave que tienen como consecuencia impactos ambientales importantes, como emisiones al agua y suelo, generación de residuos y utilización de energía y agua (CE, 2016).

La contaminación ambiental derivada de la industrialización (CE, 2014; AEM, 2017a), indicaron la necesidad de un cambio hacia políticas y prácticas basadas en la sostenibilidad y en sus dimensiones. Como indican algunos autores, para alcanzar el crecimiento sostenible a través de la implementación de una economía más "verde" (CE, 2008a; Kovacic Lukman et al., 2016; Sauvé et al., 2016) o **circular**, **regenerativa**.

Tanto la prevención y control de la contaminación como la producción y el consumo sostenibles, son la base para conservar la capacidad de la Tierra como soporte de vida, respetar los

límites de los recursos naturales y asegurar un elevado nivel de protección y mejora ambiental, disociando la degradación ambiental del crecimiento económico (Nash, 2009). En relación con esto, los sistemas de producción también deben tener en menta el reto de la sostenibilidad industrial, minimizar el consumo de recursos y la generación de emisiones y residuos (Laso et al., 2017).

En torno de este enfoque de desarrollo sostenible, surgen otros. Unos de los más conocidos son los enfoques basados en el "pensamiento del ciclo de vida" (Torres Rodríguez et al., 2011). Este enfoque proporciona una serie de herramientas, como el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) o el Análisis de Flujos de Materia y Energía (AFME), que facilita la compleja tarea de integrar los conceptos de **sostenibilidad** en el proceso hacia ella (Taboada Gómez et al., 2016). Un enfoque más reciente y que actualmente está muy presente en todos los medios es la **economía circular**, orientado a mantener los productos, componentes y materiales en el nivel más elevado de utilidad y valor (Saavedra et al., 2018) y promoviendo flujos circulares para reducir los impactos ambientales, mientras se maximiza la eficiencia de recursos (Moreau et al., 2017). La economía circular apareció teniendo como base de la sostenibilidad industrial (Huybrechts et al., 2018) pero se basa en muchos otros conceptos establecidos desde hace décadas (Kalmykova et al., 2017), empezando con la publicación de "Los límites del crecimiento" (ONU, 1972). La economía circular fue uno de los objetivos de la Estrategia Europea 2020 (CE, 2010a), y también del séptimo y la propuesta del octavo programas marco de medioambiente, tal y como se ha indicado anteriormente. Por todo ello se han establecido cambios importantes y reales en la reglamentación (Giner-Santonja et al., 2012; Chakrabarti y Mitra, 2005), especialmente a partir del quinto programa marco de medio ambiente.

La intervención por medio de legislación ambiental resulta una herramienta efectiva para lograr objetivos también de sostenibilidad (Cunningham, 2000; Hillarya and Thorsenb, 1999; Tsai y Chou, 2004). En el caso de la gestión de la contaminación esta herramienta incluye instrumentos regulatorios y económicos,

así como acuerdos voluntarios dentro y entre la industria y las autoridades públicas (Chittock y Hughey, 2011). Sin embargo, el enfoque más eficaz de la reglamentación ambiental es un tema complejo y en continuo debate, dado que involucra parámetros ambientales y económicos, así como acuerdos con y entre la industria y las autoridades (López-Gamero et al., 2009; Testa et al., 2012; Testa et al., 2014). Las leyes juegan un papel crítico al poder pedir y exigir a las empresas que integren eficiencias operativas y ambientales (Zarker y Kerr, 2008), por lo que deben ajustarse en el tiempo para reflejar una actualización comprensiva o nuevas circunstancias (López Gamero et al., 2009).

El primer marco europeo para la prevención de la contaminación a nivel industrial fue la Directiva PCIC, relativa a la Prevención y Control Integrados de la Contaminación, publicada en 1996 (Comunidad Europea, 1996), que promueve la mejora continua en el funcionamiento ambiental al exigir el acceso del público a la información sobre las autorizaciones (Silvo et al., 2002). La UE ha actualizado este marco mediante la publicación en 2010 de la Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales (UE, 2010)

1.4 LA POLÍTICA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

Producto del desarrollo de la política comunitaria en el seno del V programa marco de medio ambiente "Hacia un desarrollo sostenible" (Comunidad Europea, 1992), y con el fin de aplicar el principio de prevención de la contaminación, así como tener en cuenta el control integrado considerado por dicho programa, se publicó la Directiva IPPC (Comunidad Europea, 1996) de su acrónimo en inglés *Integrated Pollution Prevention and Control* (Prevención y Control Integrados de la Contaminación -PCIC-)

A parte de la aplicación directa del principio de prevención, tanto esta como el control de la contaminación deben tratarse de forma integrada. Dos son las principales líneas novedosas derivadas de esta ley: la necesidad de las instalaciones de operar con un permiso integrado (en España, la Autorización Ambiental Integrada -AAI-) que incorpore los Valores Límite de Emisión (VLE) basados en las Mejores Técnicas Disponibles (MTD); y

por otro lado la transparencia informativa en el proceso de concesión de dichas AAI así como la necesidad de dar a conocer al público tanto las fuentes responsables como las emisiones de las mismas. Para facilitar el proceso se crea en Europa el *EIPPCB* (*European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau*) dedicado a coordinar el intercambio de información sobre las Mejores Técnicas Disponibles y la elaboración final de los documentos de referencia (BREF)

La transposición en España se llevó a cabo por la Ley 16/2002 (Gobierno de España, 2002), su implantación fue un reto para los sectores industriales potencialmente contaminantes que aparecen en el anexo I de dichas normas jurídicas.

Como las MTD tienen carácter dinámico, estos documentos se han actualizado. Este proceso de actualización (se puede decir la fase 2) tuvo su punto de partida con la publicación de la Directiva 2010/75/UE (UE, 2010) de emisiones industriales (Prevención y control integrados de la contaminación) que deroga la Directiva *IPPC* original, transpuesta al marco normativo estatal por la Ley 5/2013 y siguientes (Gobierno de España, 2013a). En esta fase 2 junto a los BREF (que son documentos no vinculantes jurídicamente) se publican los *BATC* (*Best Available Techniques Conclusions).* Los *BATC* son documentos jurídicamente vinculantes en forma de Decisiones de la UE en los que se publican las conclusiones sobre las MTD así con los VLE asociados a las mismas, entre otras cosas. Simultáneamente las instalaciones afectadas debieron actualizar sus autorizaciones ambientales integradas, por lo que la mayor parte de las instalaciones afectadas en una primera fase han pasado por un segundo proceso de actualización de sus AAI.

1.5 LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Y LA PCIC

La industria del procesado de productos alimenticios aparece afectada por el marco normativo de la PCIC, tanto en la directiva marco original como por la actual y, lógicamente, por sus transposiciones (Epígrafe 6 del Anexo I en todos los casos). Los *BREF* relacionados con dichos sectores se publican por primera vez entre 2005 y 2006: mataderos y subproductos animales (CE, 2005); e industria de alimentos, bebidas y leche (CE, 2006)

La industria de alimentos y bebidas es el principal contribuyente a la economía de Europa, generando 1098 mil millones de euros en 2015, lo que representa el 15% de la facturación total de fabricación (*FoodDrink Europe*, 2017). Es el sector manufacturero más grande de España y representa el 22% de la industria manufacturera total, con ventas netas superiores a 96400 millones de euros en 2016 (FIAB, 2016)

La industria alimentaria gallega está dominada principalmente por las industrias de procesado de pescado, lácteos, carne y alimentación animal, por lo que estos sectores representan más del 16% de la actividad económica de la región (IGE, 2015)

En Galicia en una primera fase aparecen un número importante de instalaciones afectadas por la normativa de PCIC, siendo numerosas las de conservas de pescado y marisco, las de tratamiento y transformación de la leche, así como las instalaciones dedicadas a las actividades de matadero. La gobernanza en este ámbito en la región es muy activa especialmente en una primera fase, apoyando a las industrias y dotándolas de herramientas para adaptarse a un marco tan ambicioso. Se realizan reuniones sectoriales similares a las de los grupos que elaboran los BREF en Europa pero a escala regional (en los que participan la industria, la administración así como expertos en la materia), se organizan jornadas sectoriales especialmente para los sectores con más plantas afectadas, así como documentos técnicos sectoriales muy específicos con el fin de aplicar de forma más efectiva la *IPPC*. En muchos casos estos documentos son publicados antes que los BREF sectoriales correspondientes, dándole a Galicia un papel pionero en este ámbito (Xunta de Galicia, 2005 y 2006). Pionera es también la Comunidad Autónoma en la elaboración de los primeros inventarios de emisiones y fuentes responsables, el primero fue el inventario EPER (*European Pollutant Emission Register*) derivado directamente de la Directiva 96/61/CE, que posteriormente se fusiona con el inventario PRTR (*Pollutant Release Transfer Register*) todavía en vigor, al fusionarse con la normativa internacional derivada del Convenio de Aarhus sobre libre acceso a la información ambiental, que la Unión Europea

acogió en forma de la Directiva 2003/35/CE (Comunidad Europea, 2003)

La imparable evolución de la tecnología y la constante aparición de técnicas hacen que sea necesario desarrollar metodologías simples que determinen eficientemente si una técnica puede ser considerada MTD y en qué condiciones. Se debe observar cuidadosamente la filosofía de la PCIC para garantizar que la MTD candidata seleccionada respete los principios bajo los cuales fueron definidos, en cuanto a criterios técnicos, ambientales y económicos. Estas iniciativas derivaron en diferentes trabajos de investigación donde se recogieron técnicas candidatas para situaciones específicas, como la industria de procesado de frutas y vegetales (Derden et al., 2002) o la industria de procesado de productos del mar (Barros et al., 2009a), por citar trabajos de la industria alimenticia. Aplicando diferentes estrategias, todos estos trabajos identifican las técnicas más adecuadas candidatas a ser MTD para situaciones específicas, lo que da como resultado listas o inventarios de técnicas.

Más tarde varios autores analizaron también la implementación y la eficiencia de las MTD en otros sectores industriales en la industria alimentaria: la industria conservera (Bello Bugallo et al., 2012), la industria de procesamiento de frutas y verduras (Derden et al., 2002), producción de azúcar (Krajnc et al., 2007), optimización del consumo de energía en cámaras frías (Alves et al., 2014), o reactores anaerobios de biopelículas para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea (Karadag et al., 2015). Bello Bugallo et al. (2013) determinaron que los sectores afectados deben evaluarse individualmente y las comparaciones deben prepararse con precisión debido a la variabilidad de las condiciones aplicables. Estos y otros estudios concluyen que la selección de MTD implica identificar el sistema más adecuado (Samarakoon y Gudmestad, 2011), para el cual la literatura proporciona varias metodologías, como las realizadas por Dijkmans (2000), Geldermann y Rentz (2004), Bréchet y Tulkens (2009) y Samarakoon y Gudmestad (2011), entre otros. Evrard et al. (2016a) incluye una revisión de los enfoques metodológicos disponibles en la literatura científica, para respaldar el análisis de datos y el proceso de decisión que

conduzca a la determinación de MTD y niveles de emisión asociados. Cristóbal Andrade en su tesis en 2013 propone nuevas metodologías en las que utiliza herramientas del pensamiento ciclo de vida y las combina para dicho análisis. Huybrechts et al. (2018) tiene en cuenta la cadena de valor, Nicholas et al. (2000) y Laso et al. (2017) basándose en el ACV, Evrard et al. (2018) en análisis multicriterio, Cikankowitz y Laforest (2013) utilizan el funcionamiento de las MTD ya implementadas BAT, etc.

No existen sin embargo trabajos de análisis por medio de este tipo de metodologías que utilicen comparativas sectoriales de la eficacia de implantación de la PCIC, ni tampoco que lo hagan mediante metodologías que utilizan la combinación de herramientas tanto cualitativas como cuantitativas tales como: el análisis de MTD, el desarrollo de inventario de emisiones, el análisis de flujos de materia y energía, o el análisis de impacto del ciclo de vida. Este tipo de trabajos aparecen derivados del desarrollo de esta tesis (Bello Bugallo, 2013; Torres López, 2017)

1.6 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es contribuir a que las actividades industriales del sector de transformación de productos alimenticios más representativas de la comunidad autónoma de Galicia (procesado de pescado y mariscos, lácteas y mataderos), afectadas desde hace más de 20 años por la política de PCIC, evolucionen a través de técnicas de economía circular (Mejores Técnicas Disponibles) a una economía regenerativa a largo plazo. Se trata de evaluar la eficacia de la implantación de la política PCIC durante dos décadas, detectar debilidades y proponer mejoras en el proceso de implantación de las MTD como técnicas para la economía circular. De este modo el sector se irá adaptando para contribuir a los objetivos planteados en el VII y VIII programas marco de medio ambiente de la Unión Europea y avanzarán hacia la visión que a largo plazo plantean: que los ciudadanos vivan en una economía regenerativa, en la que no se desperdicie nada, no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero, y el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos y la degradación medioambiental, sentando las bases de, entre otros aspectos, la valoración del capital natural.

Como objetivos más específicos se pueden resaltar los siguientes:

- Contribuir a los inventarios de técnicas candidatas a ser MTD para las actividades más relevantes del sector alimentario en Galicia.
- Proporcionar metodologías y herramientas para una implantación más eficaz de las MTD y, por tanto, de la política de PCIC como precursora de la economía circular y la economía regenerativa en la industria.

Para alcanzar estos objetivos en la tesis se lleva a cabo una evaluación de la aplicación de la política de PCIC, cuya herramienta original y principal fue la Directiva 96/61/CE o directiva IPPC y sus sucesoras. La evaluación se aplica al sector de transformación de productos alimenticios, cuyas plantas consideradas potencialmente contaminantes están afectadas por dicho marco normativo tal y como aparece en diferentes epígrafes del Anexo I. Se trata de analizar los logros de la implantación de esta política en relación a los sistemas industriales de producción de alimentos sostenibles, y evaluar la efectividad de la política, así como de la eficacia de su implementación mediante el seguimiento de las MTD. La tesis se desarrolla en cinco capítulos, a parte de la introducción, en la que se contextualiza y se justifica el trabajo, así como se introducen conceptos relativos a las herramientas que se utilizan a lo largo de la tesis para realizar la evaluación.

En el segundo capítulo se recorren los antecedentes de la política de PCIC en los distintos ámbitos (internacional, europeo, nacional y autonómico) incluyendo la legislación y un análisis de las fuentes responsables, así como el estado del arte actual en el ámbito de dicha política.

Los tres siguientes capítulos se dedican a la evaluación por subsectores de la industria alimentaria de la eficacia de dicha política mediante herramientas y metodologías de evaluación, así como utilizando una combinación de estas o modificándolas, proponiendo mejoras en las metodologías existentes En cada capítulo se analiza la eficacia de la política PCIC evaluando el comportamiento ambiental de grupos de plantas de un mismo subsector y comparándolas entre ellas. Las metodologías

utilizadas combinan herramientas de evaluación de las anteriormente indicadas, que se proponen como métodos eficaces para realizar dicha evaluación. En cada uno de los tres capítulos se abarca la evaluación de un sector de la industria de la alimentación concreto y diferente, todos ellos sectores representativos en la comunidad autónoma de Galicia, ámbito en el que se desarrolla la tesis. El capítulo 3 trata del sector procesado de pescado y mariscos, en el que se seleccionan unas plantas representativas de la comunidad autónoma de Galicia y se evalúa la eficacia de la política PCIC mediante el análisis de MTD comparativo entre plantas (incluyendo la realización del inventario de MTD) y la evaluación de los impactos de las plantas utilizando las técnicas utilizadas para elaborar inventarios de emisiones. El capítulo 4 trata del sector procesado de leche, en el que se seleccionan unas plantas representativas de la comunidad autónoma de Galicia y se evalúa la eficacia de la política PCIC el análisis de MTD comparativo entre plantas (incluyendo la realización de un inventario de MTD) y la evaluación de los impactos de las plantas utilizando las técnicas utilizadas para elaborar inventarios de emisiones. El capítulo 5 trata del sector mataderos, en el que se seleccionan unas plantas representativas de la comunidad autónoma de Galicia y se evalúa la eficacia de la política PCIC mediante el análisis sectorial de MTD comparativo entre plantas (incluyendo inventarios de MTD) y la evaluación de los impactos de las plantas utilizando las técnicas habituales utilizadas para elaborar inventarios de emisiones y, en este caso como aspecto novedoso de la metodología, se añade un análisis de impactos del ciclo de vida (ACV)

Una vez presentadas y aplicadas las metodologías a las plantas de cada sector de la industria de alimentación, en el sexto capítulo se propone y aplica una metodología orientada a esa evaluación previa en una planta individual del sector. Se plantea la realización en profundidad un análisis de flujos de materiales (AFM) de una planta concreta de cocción de mejillón, identificando los flujos mejorables (FM) y, mediante la elaboración de un inventario de MTD, se configura un escenario más sostenible para la planta.

Por tanto, son varios los subsectores analizados, característicos de la región objeto de estudio, y varias las herramientas utilizadas para la evaluación de la eficacia de implantación de la política PCIC. Estas herramientas se combinan en algunos casos por primera vez para lograr una evaluación más precisa, y servir como propuesta de mejora de metodologías existentes.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

2 PREVENCIÓN Y CONTROL INTEGRADOS DE LA CONTAMINACIÓN

2.1 ANTECEDENTES

Producto del desarrollo de la política comunitaria en el seno del V programa marco de medio ambiente "Hacia un desarrollo sostenible" (Comunidad Europea, 1992), y con el fin de aplicar el principio de prevención de la contaminación, así como tener en cuenta el control integrado considerado por dicho programa, se publicó la Directiva *IPPC* (Comunidad Europea, 1996)

En aquel momento, había alguna legislación en vigor relacionada con la lucha de la contaminación atmosférica (CEE, 1984) y la contaminación del agua causada por descargas de ciertos contaminantes y sustancias peligrosas (CEE, 1976). Sin embargo, existía un vacío legal con el objetivo de prevenir o reducir las emisiones al suelo (de la misma forma que lo había para la atmósfera y los sistemas hídricos). En todo caso, el tratamiento separado de la contaminación de la atmósfera, agua y suelo podría aumentar la transferencia de contaminación de un medio a otro, en vez de proteger el medio ambiente como un todo.

El principio de "prevención" (Oskam et al. 1997, citado en AEM, 2020) permite tomar medidas para proteger el medio ambiente en una etapa temprana. No se trata sólo de reparar los daños después de que se hayan producido, sino de evitar que se produzcan esos daños. Este principio significa en síntesis que es mejor prevenir que reparar.

La necesidad de un enfoque integrado con el objetivo de alcanzar un elevado nivel de protección de medio ambiente como un todo, conlleva a evitar si es posible las emisiones a la atmósfera, agua y suelo, teniendo en cuenta la gestión de los residuos; y, si no es posible, reducirlos al mínimo. Esta es la base de la Directiva *IPPC*, desarrollada para aquellas instalaciones pertenecientes a sectores industriales listados en su Anexo I, todas ellas fuentes potencialmente contaminantes. Los aspectos más relevantes de esta norma jurídica son: establece un marco general

para la prevención y el control integrados de la contaminación; y proporciona las medidas necesarias para poner en práctica la prevención y el control integrados de la contaminación, con el objetivo de alcanzar un elevado nivel de protección del medio ambiente como un todo.

2.1.1 Instalaciones y autorización ambiental integrada

La Directiva 96/61/CE introduce el permiso ambiental, en España llamado la Autorización Ambiental Integrada (AAI), como un permiso integrado que toda instalación del ámbito de aplicación de esta debe obtener y poseer para operar. Establece también que los estados miembros deberían tomar las medidas necesarias y oportunas para asegurarse que las nuevas instalaciones operen con esta figura desde el momento de su apertura. Por otra parte, las instalaciones existentes tienen un tiempo de adaptación, hasta octubre de 2007, fecha antes de la cual deberían haber obtenido el permiso ambiental al que se refiere esta directiva.

El permiso ambiental al que se refiere la Directiva 96/61/CE debe incluir, entre otros, los Valores Límite de Emisión (VLE) para una instalación determinada.

2.1.2 Intercambio de información: VLE y MTD

La Directiva introduce como novedad dos conceptos a partir de los cuales se considera gran parte del desarrollo y aplicación de esta. Estos conceptos son los siguientes con sus definiciones:

- Valores Límite de Emisión. Se definen como la masa expresada en relación con determinados parámetros específicos, la concentración o el nivel de una emisión, cuyo valor no debe superarse dentro de uno o varios períodos determinados. Los valores límite de las emisiones también podrán establecerse para determinados grupos, familias o categorías de sustancias, en particular para las nombradas en el anexo III de la Directiva. Estas sustancias son las indicadas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Sustancias (grupos, familias o categorías) consideradas en el Anexo III de la directiva para los que deben establecerse los VLE

ATMÓSFERA	AGUA
Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre	Compuestos organoclorados y sustancias que puedan dar origen a

ATMÓSFERA	AGUA
	compuestos de esta clase en el medio acuático
Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno	Compuestos organofosforados
Monóxido de carbono	Compuestos organoestánnicos
Compuestos orgánicos volátiles	Sustancias y preparados cuyas propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la reproducción en el medio acuático o vía el medio acuático estén demostradas
Metales y sus compuestos	Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables
Partículas	Cianuros
Amianto (partículas en suspensión, fibras)	Metales y sus compuestos
Cloro y sus compuestos	Arsénico y sus compuestos
Arsénico y sus compuestos	Biocidas y productos fitosanitarios
Cianuros	Materias en suspensión
Sustancias y preparados respecto de los cuales se haya demostrado que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas o puedan afectar a la reproducción a través del aire	Sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos)
Policlorodibenzodioxina y policlorodibenzofuranos	Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (y computables mediante parámetros tales como DBO, DCO)

- Mejores Técnicas Disponibles. La fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente. Se define:
  - "técnicas" como la tecnología utilizada junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada y paralizada.
  - "disponibles" como las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del sector industrial correspondiente, en condiciones económica y técnicamente viables, tomando en consideración los costes y los beneficios,

tanto si las técnicas se utilizan o producen en el Estado miembro correspondiente como si no, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables.

- "mejores" como las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto.

El artículo 16 sobre "Intercambio de información" establece que los estados miembros adoptarán las medidas necesarias para comunicar cada tres años a la Comisión, y por primera vez en el plazo de dieciocho meses a partir de la fecha de aplicación de la Directiva, los datos representativos sobre los valores límites disponibles establecidos por categorías específicas de actividades enumeradas en el Anexo I y, en su caso, las MTD de las cuales se deriven dichos valores.

Establece también que la Comisión organizará un intercambio de información entre los Estados miembros y las industrias correspondientes acerca de las MTD, las prescripciones de control relacionadas, y su evolución.

En relación con los VLE, estos pueden ser establecidos, tomados de normas de contaminación en vigor, mientras no se adopten otros más restrictivos en lo que se refiere a las MTD.

En relación con las MTD, la Comisión, por medio del organismo *European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau* (*EIPPCB*) se desarrollan una serie de documentos de referencia que cubren en lo posible las actividades del Anexo I de la Directiva. El programa de trabajo consiste en un número de sectores de trabajo por año determinado por el Foro de Intercambio de la Información (*Information Exchange Forum –IEF–).* Este organismo consiste en representantes de los estados miembros, industria y organizaciones medioambientales no gubernamentales. Cada sector de trabajo está formado por un grupo de trabajo técnico (*Technical Working Group –TWG–*) que se establece exclusivamente para la duración del trabajo. Los documentos borradores se hacen circular por el *TWG* para comentarios pertinentes antes de ser enviados a la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión (DG *Environment)*

Los documentos de referencia se realizan siguiendo una guía de acuerdo con la DG *Environment* y el *IEF*, que velan por que se

mantenga la finalidad de los documentos: guías de referencia de las MTD.

Los documentos de referencia sobre las MTD adoptados por la Comisión en una primera fase fueron los que se indican en la Tabla 2.2 junto con el año de publicación, disponibles todos ellos en línea en sitio web de la agencia *EIPPC*. Además de documentos sectoriales se han publicado *BREF* horizontales de aplicación general a cualquier industria de cualquier sector. Muchos de ellos ya están actualizados y se encuentran archivados pero igualmente accesibles.

Tabla 2.2. Documentos de referencia sobre las MTD (BREF) en la primera fase

BREF	Año	tipo
Tratamiento de residuos	2006	horizontal
Incineración de residuos	2006	
Sistemas de refrigeración industrial	2005	
Emisiones de almacenamiento	2006	
Producción industrial de polímeros	2007	sectorial
Producción de productos químicos inorgánicos especializados	2007	
Productos químicos inorgánicos de gran volumen - sólidos y otros	2007	
Productos químicos inorgánicos de gran volumen - Amoníaco, ácidos y fertilizantes	2007	
Mataderos y subproductos animales[1, 2]	2005	
Fundición[1]	2005	
Tratamiento de superficies de metales y plásticos[1]	2006	
Cemento, cal y óxido de magnesio	2001	
Granjas intensivas de aves y porcino	2003	
Producción de ferroaleaciones	2006	
Tratamiento de superficies mediante disolventes	2007	
Industria papelera	2001	
Industria siderúrgica	2006	
Industrias de fabricación de cemento y cal	2001	
Grandes instalaciones de combustión	2006	
Industria de los cloroálcalis	2001	
Industria de transformación de metales ferrosos	2001	
Industrias metalúrgicas no férreas	2001	
Industria del vidrio	2001	
Refinerías de petróleo y gas	2003	
Industria de curtidos de piel y cuero	2003	
Aguas residuales y los tratamientos de residuos/gestión del sector químico	2003	
Industria de química orgánica de gran volumen	2003	

[1]Estos documentos todavía no han sido actualizado en la segunda fase
[2]La revisión ha comenzado, pero todavía no hay documento adoptado en la 2ª fase

2.1.3 Inventarios públicos de emisiones: del EPER al PRTR

El artículo 15 sobre "acceso a la información y participación pública en el procedimiento de concesión de permisos" (punto 3 de la Directiva PCIC original -96/61/CE-), obligó, entre otras cosas, a que "cada tres años, la Comisión publicará, basándose en la información transmitida por los Estados miembros, un inventario de las principales emisiones y fuentes responsables"

La Directiva establecía en su artículo 19 que "la Comisión tomará las medidas necesarias para establecer el inventario de las principales emisiones y fuentes responsables"

El 17 de Julio de 2000 se publicó, bajo la referencia de 2000/479/CE, la decisión de la comisión relativa a la realización de un inventario europeo de emisiones contaminantes (*EPER*) con arreglo al artículo 15 de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Según esta Decisión los Estados miembros deben notificar a la Comisión las emisiones de todos los complejos individuales en los que se lleven a cabo una o más actividades del anexo I de la Directiva 96/61/CE. El informe debía incluir las emisiones a la atmósfera y al agua de todos los contaminantes cuyos valores límite umbrales se hubieran superado. Los valores límite umbrales se especificaban en el anexo A1 de la Decisión.

La decisión, en su anexo A2 establecía un modelo de notificación para las instalaciones, mientras que en el anexo A3 establece los códigos de actividades NOSE-P correspondientes a los distintos tipos de instalaciones del Anexo I de la Directiva.

Para facilitar la implementación del inventario de emisiones y fuentes responsables, en noviembre de 2000 se publicó un documento guía para la implementación de este.

Con la transposición de la Directiva 96/61/CE por la Ley 16/2002, se estableció (artículo 8), que los titulares de las instalaciones deberían notificar, al menos una vez al año, a las comunidades autónomas en las que estén ubicadas, los datos sobre las emisiones correspondientes a la instalación. Por otra parte, las comunidades autónomas debían remitir la información al Ministerio de Medio Ambiente, tres meses después de la entrada en vigor de la Ley y a continuación con periodicidad mínima anual. El objetivo era elaborar el inventario estatal de emisiones y

comunicarlo a la Comisión Europea para la elaboración del inventario europeo de emisiones y fuentes contaminantes, *EPER*.

El primer informe *EPER* se hizo público en febrero de 2004, en él se recogieron los datos de fuentes contaminantes y emisiones producto del proceso de información establecido en la legislación y suministrados por los 15 Estados Miembros, Noruega y Hungría, para el año 2001.

La segunda ronda de información *EPER* tuvo lugar en 2006 con los datos de fuentes contaminantes y emisiones del año 2004. En este proceso participaron los nuevos estados miembros de aquel período, por lo que el número de fuentes responsables aumentó considerablemente.

Por otra parte, la Convención de Aarhus (1998) sobre el "Acceso a la información, participación del público en las decisiones y acceso a la justicia en asuntos medioambientales" firmada por la Unión Europea en 1998 y cuya entrada en vigor se produjo en octubre de 2001, acordó que estos registros nacionales fueran accesibles al público. En mayo de 2003 fue adoptado por las partes del Convenio de Aarhus y otros países el Protocolo *PRTR* (*Pollutant Release and Transfer Registers*), cuyo objetivo fue la implantación de ese tipo de registros e inventarios. La firma y adopción de dicho Protocolo por la UE y sus países miembros hizo que también en el ámbito de la UE se pusiera a trabajar inmediatamente en el desarrollo legislativo para la implantación del *E-PRTR*, de modo que el 14 de febrero de 2003 se publicó la Directiva 2003/4/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2003 relativa al acceso del público a la información medioambiental y por la que se deroga la Directiva 90/313/CEE del Consejo. En ella se establecieron medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el medio ambiente, y además modificó la Directiva 85/337/CEE del Consejo y la Directiva 96/61/CE del Consejo.

La Directiva 2003/4/CE modificó la Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y el control integrados de la contaminación para hacerla compatible con el artículo 6 de la Convención de Aarhus.

El primer año de información para el *PRTR* por la Unión Europea fue 2007, y a partir de entonces todos los años las fuentes responsables informan a las autoridades competentes de sus emisiones, haciendo estos últimos públicos en el *E-PRTR* los datos que superen los valores umbrales de información. El E-*PRTR* absorbió el primer inventario de emisiones y fuentes responsables de la Unión Europea que procedía de la directiva PCIC, el *EPER*.

2.1.4 Aplicación estatal de la Directiva IPPC

El 2 de julio de 2002 se publicó en el BOE la ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación, transposición de la Directiva PCIC original (96/61/CE) en el ámbito nacional.

Al igual que la Directiva, la Ley se aplicó tanto a las instalaciones nuevas como a las existentes. En el caso de las existentes, estas deberían adaptarse a la misma antes del 30 de octubre de 2007, fecha en la que tendrían que contar con AAI, por lo que debían solicitarla antes del 1 de enero de 2007.

La ley tenía la misma finalidad que la Directiva PCIC por lo que su ámbito de aplicación son aquellas instalaciones incluidas en su anejo I, adaptado al tejido industrial nacional. La Ley tuvo en cuenta especialmente dos características además de las consideradas por la Directiva PCIC:

- En el artículo 2 incorporó una habilitación reglamentaria para que sea posible en el futuro dictar otro tipo de obligaciones ambientales que se aplicarían a actividades distintas a las enumeradas en el anejo I.
- Incorporó la Directiva 1999/13/CE, del Consejo, de 11 de marzo, relativa a las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones en la medida en que incluye estas sustancias entre los contaminantes atmosféricos que han de limitarse en la autorización ambiental integrada.

Otra característica es que se regularon los VLE y las MTD. Al igual que la Directiva, los VLE se deben fijar teniendo en cuenta las MTD, las características de la instalación y su localización geográfica, entre otros aspectos. El Gobierno podía

establecer los VLE de las sustancias contaminantes, pero mientras no lo hiciera debía respetar los regulados en las normas que se recogen en el anejo 2 de la ley.

En cuanto al intercambio de información, se tuvo en cuenta también este aspecto entre el Ministerio y las comunidades autónomas en lo referente a las principales emisiones contaminantes y sus focos y sobre las MTD, con las siguientes finalidades:

- Por un lado, la aplicación correcta de la Ley.
- Por otra la elaboración del inventario estatal de emisiones que tendría que enviarse a la Comisión Europea de conformidad con la Decisión 2000/479/CE.

El procedimiento de autorización ambiental integró desde entonces las diferentes autorizaciones existentes hasta el momento de modo que la solicitud de autorización debe presentarse ante el órgano designado por las Comunidades Autónomas. Por tanto, la ley articuló un procedimiento administrativo que integró todas las autorizaciones ambientales de competencia autonómica existentes y relativas a las actividades siguientes: producción y gestión de residuos incluidas las incineradoras; vertidos a aguas continentales y de la tierra al mar, así como otras exigencias de carácter ambiental contenidas en la legislación sectorial, incluidas las referidas a los COV, de acuerdo con la directiva 1999/13/CE.

Las actividades industriales debían solicitar la autorización ambiental tanto para su puesta en marcha como para su modificación sustancial, y fueron las enmarcadas en los siguientes sectores:

1. Instalaciones de combustión
2. Producción y transformación de metales.
3. Industrias minerales.
4. Industrias químicas.
5. Gestión de residuos.
6. Industria del papel y pasta de papel.
7. Industria textil.
8. Industria del cuero.
9. Industrias agroalimentarias y explotaciones ganaderas.
10. Consumo de disolventes orgánicos.
11. Industria del carbono y grafito.

2.1.5 Aplicación a la Comunidad Autónoma de Galicia de la Directiva PCIC

Dada la importancia de la Directiva 96/61/CE, tanto para los sectores industriales a los que ésta afecta, como para la Administración, en Galicia se llevaron a cabo diversas actuaciones al respecto que se describen a continuación.

En una primera etapa se llevó a cabo un estudio de las instalaciones afectadas por la Directiva dentro del tejido industrial de la Comunidad Autónoma. En el año 1999 el *Centro de Información e Tecnoloxía Ambiental* de la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia realizó un estudio preliminar de los centros afectados por la Directiva PCIC en la comunidad autónoma de Galicia.

Simultáneamente, se llevó a cabo el estudio en profundidad por sectores de las tecnologías empleadas desde el punto de vista medioambiental en las instalaciones de la Comunidad Autónoma. Algunos resultados de estos estudios por sectores se dieron a conocer mediante la publicación de documentos que reflejaban la situación real de los mismos en Galicia frente a la aplicación de la Directiva. En la elaboración de los documentos tomaron parte tanto las empresas del sector considerado como la Administración. Los documentos elaborados fueron documentos de "prevención de la contaminación" en los sectores siguientes: industria conservera de pescados y mariscos; transformación de la madera: fabricación de pasta de papel y fabricación de tableros, refino de petróleo, industrias lácteas, centrales térmicas.

Posteriormente, se llevaron a cabo estudios de diversos sectores que no fueron publicados, pero sí implantados (puesto que las plantas afectadas en cada sector eran del mismo grupo y pocas y para su aplicación no se necesitó de difusión), tales como el sector del aluminio, cemento, entre otros.

Desde que se llevó a cabo la transposición de la directiva PCIC, mediante la publicación de la ley 16/2002 el 2 de julio, se llevaron acciones encaminadas a facilitar su aplicación en la Comunidad Autónoma de Galicia. Estas acciones, orientadas a alcanzar la finalidad de la directiva, presentaban tres vertientes principales:

1. Identificación de las instalaciones afectadas por la ley 16/2002, tomando como base el inventario de fuentes IPPC previamente elaborado.
2. Procedimiento y bases para solicitud y concesión de la AAI, así como estudio de los proyectos que habían solicitado la AAI y su concesión.
3. Identificación de mejores técnicas disponibles y los valores límite de emisión asociados, para las instalaciones afectadas por la ley en la Comunidad Autónoma de Galicia.

2.1.5.1 Instalaciones afectadas

A partir de 2005 en la Comunidad Autónoma de Galicia se llevaba ya a cabo una validación continua de las instalaciones afectadas por la ley 16/2002. En la Figura 2.1 se presenta el porcentaje de instalaciones que se encontraban afectadas en Galicia en aquel momento según el Anejo 1 de la Ley 16/2002. En el están clasificadas las actividades por sector de actividad según el epígrafe de la PCIC.

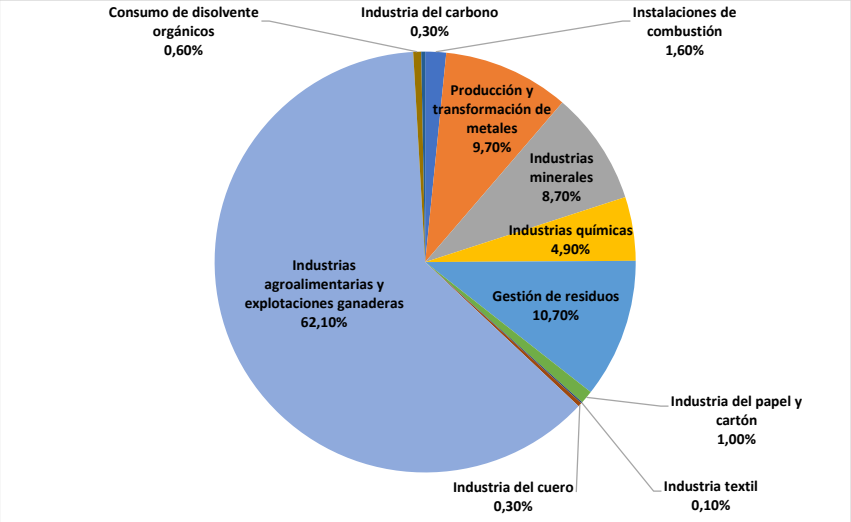


Figura 2.1. Instalaciones afectadas en Galicia por la IPPC en la primera fase (2005)

2.1.5.2 Autorización Ambiental Integrada

En base a lo establecido en la Directiva PCIC original y en sus desarrollos y transposición a nuestro país, y dado que la

competencia en materia de medio ambiente es de la Comunidad Autónoma, en Galicia se elaboró un procedimiento de solicitud y concesión de la AAI. En este procedimiento, que inicia el titular de la instalación, participan diferentes órganos de la Administración, y expertos que la autoridad competente (la Consellería con competencias de medio ambiente) considera oportuno; el público, si así lo desea, puede participar también en el proceso de concesión de la AAI.

Para que las instalaciones afectadas dispusieran de un instrumento de trabajo que permitiera conocer las ambiciosas y exigentes obligaciones como titular de una instalación afectada por la ley 16/2002, así como los pasos a seguir para la solicitud y posterior concesión de la AAI, se elaboró a principios del año 2004, la "Guía metodológica sobre la Autorización Ambiental Integrada" (Figura 2.2)



Figura 2.2. Guía metodológica sobre la AAI en Galicia en la primera fase

En la Comunidad Autónoma de Galicia aproximadamente una decena de instalaciones (tanto nuevas instalaciones como existentes) habían ya solicitado la AAI en 2005. El estudio de los proyectos de las instalaciones involucra a diferentes organismos, tanto aquellos competentes en materias de medio ambiente y seguridad como aquellos que la autoridad competente estima oportuno. Las materias de seguridad y medio ambiente que se analizaban en profundidad eran los siguientes:

1. Producción y gestión de residuos.
2. Vertidos a aguas continentales intracomunitarias y vertidos desde tierra al mar.
3. Vertidos a aguas continentales intercomunitarias.
4. Espacios protegidos, flora y fauna.
5. Sanidad.
6. Ocupación de terrenos y captación de agua del mar.
7. Contaminación atmosférica.
8. Riesgos de accidentes graves.
9. Mejores técnicas disponibles.

Una vez analizada la documentación por los distintos organismos, la autoridad competente, si lo considera, concede la autorización ambiental integrada. La resolución incluye, entre otra información, los requerimientos necesarios de la autorización ambiental integrada relativos a las siguientes materias con miras a la consecución de un elevado nivel de protección del medio ambiente:

1. Sobre la atmósfera, el nivel de presión sonora y los efluentes líquidos: valores límite de emisión, sistemas y procedimientos para el tratamiento de emisiones, vigilancia y control ambiental, medidas a adoptar en situaciones de funcionamiento anormales y otras disposiciones.
2. Protección del suelo y de las aguas subterráneas (sistemas de procedimientos para evitar la contaminación, vigilancia y control ambiental, medidas a adoptar en situaciones de funcionamiento anormales y otras disposiciones)
3. Sobre a gestión de residuos (procedimientos de gestión, vigilancia y control ambiental y medidas a adoptar en situaciones de funcionamiento anormales y otras disposiciones)

4. En su caso, condiciones adicionales.

2.1.5.3 Estudios sectoriales

El procedimiento de solicitud-concesión de la autorización ambiental integrada es igual para cualquier proyecto, independientemente del sector al que pertenezca. No son iguales, sin embargo, los contenidos de la solicitud, de los informes de los distintos organismos sobre el proyecto, así como las obligaciones dictadas en la AAI. Cada sector presenta sus particularidades a la hora de evaluar y aplicar la prevención y el control integrados de la contaminación.

La guía metodológica para la autorización ambiental integrada fue un instrumento de trabajo que le permitió conocer las obligaciones al titular de una instalación que se encontraba afectada por la Ley 16/2002 y facilitar la tramitación, de forma general. Sin embargo, hay muchas características propias de los sectores afectados por la ley que deben ser tenidos o no en cuenta y de distinta forma. Debido a esto, se realizaron también en la primera fase diversos estudios sectoriales para facilitar la aplicación de la ley y la solicitud y concesión de la AAI a los sectores de la Comunidad Autónoma. Estos estudios se desarrollaron para los sectores más atomizados y numerosos en lo que al número de instalaciones se refiere. Algunos ejemplos se muestran en la Figura 2.3.

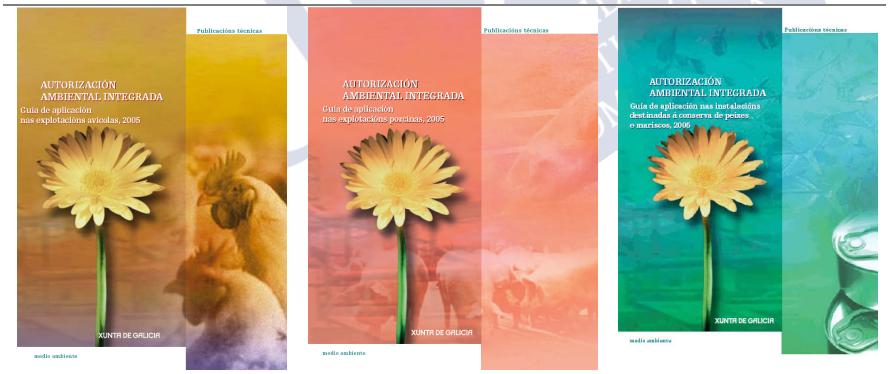




Figura 2.3. Guías metodológicas sectoriales sobre la AAI en Galicia en la primera fase

Estos estudios sectoriales analizan las características propias del sector en la comunidad autónoma, las técnicas y tecnologías actualmente en uso, las principales fuentes de emisiones (al aire, agua, suelo, generación de residuos, olores, ruido, etc), los niveles actuales de dichas emisiones y los consumos, las posibles técnicas a considerar como mejores técnicas disponibles (base de los valores límite de emisión) y se elaboran los pasos a seguir mediante un formulario sectorial que explica en profundidad cómo realizar la solicitud de la autorización ambiental integrada.

2.2 CONTEXTO ACTUAL

El primer marco europeo de prevención y control integrados de la contaminación para las instalaciones industriales (aunque se aplicó sólo a las consideradas potencialmente contaminantes) fue la Directiva PCIC que aparece en 1996, pero no se aplica en los estados miembros hasta al menos 3 años después debido al plazo de transposición tan necesario para abordar una legislación tan ambiciosa. Esta política sobre la prevención y control integrados de la contaminación (CE, 1996), fomenta la mejora continua del funcionamiento de las instalaciones incluyendo la dimensión ambienta, y lo hace principalmente exigiendo el acceso público a la información de las licencias integradas (Silvo et al., 2002), en España las AAI. La Directiva PCIC ha sido derogada y actualizada en varias ocasiones por la Unión Europea.

En el siglo XXI, aparece en este contexto la Directiva 2010/75/UE relativa a las emisiones industriales (DEI) como instrumento principal de la Unión Europea para regular las emisiones procedentes de instalaciones industriales. La Directiva 2010/75/CE deroga y reemplaza la Directiva PCIC previa (2008/1/CE) y otras seis leyes relacionadas con las emisiones industriales. El enfoque de esta política es integrado, con flexibilidad y participación pública con el fin de lograr un alto nivel de protección del medio ambiente en su conjunto estableciendo medidas para prevenir o, cuando no sea posible, reducir las emisiones al aire, agua y suelo, incluyen medidas en relación con los residuos (UE, 2010). En España, la ley 5/2013 transpone esta Directiva (Gobierno de España, 2013a), cuyas modificaciones se incluyen en el texto refundido del Real Decreto Legislativo 1/2016 (Gobierno de España, 2016)

Todos los sectores industriales incluidos en el Anexo I de la DEI, deben obtener la AAI que debería incluir, entre otros, los VLE para los contaminantes más relevantes, fijados por las autoridades teniendo en cuenta las MTD implementadas o proporcionadas para evitar y/o prevenir la contaminación. Este permiso unifica un grupo disperso y variado de licencias en un único documento, convirtiendo la licencia integrada en el mecanismo primario de reglamentación y ejecución ambiental para instalaciones afectadas por esta normativa (Styles et al., 2009)

Los VLE vienen definidos como “la masa expresada en relación con determinados parámetros específicos, la concentración o el nivel de una emisión, cuyo valor no debe superarse dentro de uno o varios períodos determinados” (UE, 2010). De la misma forma que la directiva IPPC original, la directiva de emisiones industriales o DEI establece que los VLE deben basarse en las MTD sin prescribir el uso de ninguna tecnología específica, pero considerando las características técnicas de la instalación, su localización geográfica y las condiciones ambientales locales. Tanto los VLE como las MTD deben revisarse y actualizarse periódicamente, de modo que se consideren los ultimos avances técnicos (Torres López et al., 2017)

Además de la información relativa al funcionamiento ambiental por medio de la AAI (VLE y MTD implementadas), los datos del *PRTR* dan una idea del grado de implementación y cumplimiento de las obligaciones de la DEI (Karavanas et al. 2009). El PRTR proporciona información al público sobre las emisiones de contaminantes al aire, agua y al suelo, y las transferencias de residuos, de las actividades IPPC y otras que tiene en cuenta la normativa de libre acceso a la información ambiental descritas en la legislación internacional (Convenio de Aarhus y Protocolo de Kiev relativo al PRTR (UNECE 1998, UNECE 2003), legislación europea (Reglamento 166/2006 (Comunidad Europea, 2006)) y legislación nacional (Real Decreto 508/2007 y sus enmiendas -Gobierno de España 2007a, 2013b, 2017-)

A diferencia de los VLE (valores de emisión en unidades de concentración que no deben superarse), los umbrales del *PRTR* no son límites legales ni implican ningún incumplimiento normativo. Los valores umbrales de información indican si los datos notificados serán públicos o no (en unidades de masa por año, normalmente). El umbral para las emisiones que muchos autores confunden con los VLE, no tienen nada que ver; estos umbrales de información indican que si un establecimiento excede uno o más, no significa que no cumpla con su ELV específico para cada instalación y viceversa, sin que dichos valores deben publicarse en los portales adecuados para ello (Gobierno de España, 2018)

2.3 SÍNTESIS Y COMPARATIVA DE LAS 2 FASES IPPC: APLICACIÓN ESTATAL Y A GALICIA

La legislación que afecta a las industrias en términos de emisiones, es decir, la legislación PCIC, tanto a nivel europeo como nacional, se recoge en la Tabla 2.3. Además de la legislación, existe un intercambio de información sobre emisiones entre la industria y la administración a través de diversos documentos: los *BREF* y los *BATC* (*Best Available Techniques Conclusions*), estos últimos sólo aparecen en la segunda fase como documentos legalmente vinculantes en forma de Decisiones de la Comisión. Estos documentos, como se mencionó anteriormente, incluyen las MTD que la industria debe adoptar

para cumplir con los requisitos establecidos por la ley de PCIC. Por otro lado, la cantidad de emisiones y transferencia de residuos superior a cero por parte de las industrias se hace público a través de los documentos *EPER* al principio de la primera fase y más tarde en el *PRTR*. Además, para proteger el medio ambiente, las industrias potencialmente contaminantes deben contar con una AAI, que es una figura de intervención que integra las diferentes autorizaciones ambientales contenidas en la legislación sectorial. Los resultados obtenidos se dividen en dos fases. La primera fase incluye las concesiones de las instalaciones afectadas por la Ley 16/2002 y una segunda fase contempla tanto la renovación del AAI de la primera fase como las nuevas concesiones de las instalaciones afectadas por la normativa correspondiente (Tabla 2.3)

Tabla 2.3. Legislación y documentos legales IPPC

		Primera fase	Segunda fase
Legislación	Europa	Directiva 96/61/CE	Directiva 2010/75/CE
	España	Ley 16/2002	Ley 5/2013 RD 815/2013 RDL 1/2016
Intercambio de información	Documentos	BREF*	BREF* BATC
	Fuentes y emisiones	EPER PRTR	PRTR
	Permisos	IEP	IEP
	Procedimiento	Concesión	Concesión Renovación

Los archivos disponibles referentes a los diferentes procedimientos relacionados con la AAI se han agrupado según su tipo. Se han analizado un total de 437 trámites, aunque, en este caso, se representan los trámites correspondientes a concesiones (303), renovaciones (38), actualizaciones (11) y modificaciones (33) en el período 2004 y 2019 para un total de 385 (Figura 2.4). Los procedimientos no representados corresponden a extinciones, revisiones y solicitudes no aprobadas.

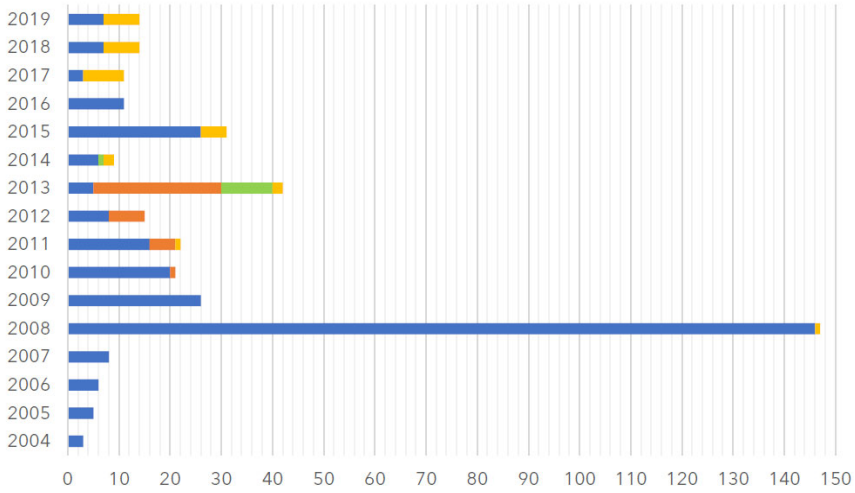


Figura 2.4. Número de procedimientos de AAI en relación con el tipo (concesiones, renovaciones, actualizaciones, modificaciones)

Se observa un aumento de concesiones, siendo el único trámite, desde el inicio del período de análisis hasta 2008. El mayor número de concesiones se encontró en 2008, siendo 146 el número de solicitudes de AAI aprobadas. A partir de 2010, y para los siguientes tres años, se observan renovaciones de procedimientos previamente aprobados. En 2013, se produjo el mayor número de renovaciones, asumiendo un total de 25 solicitudes. En cuanto a las actualizaciones, están presentes en dos años, 2013 y 2014, siendo el primer año el que recoge más trámites de este tipo. Finalmente, las primeras modificaciones del IEP se encuentran en 2008 y 2011 de manera oportuna y comienzan a encontrarse continuamente a partir de 2013.

Durante la primera fase, las instalaciones que requerían AAI se vieron afectadas por la Ley 16/2002, en la que se incluyen en el Anexo I los epígrafes que clasifican las industrias según su actividad. Los trámites correspondientes a la primera fase que se han representado son: concesiones, modificaciones (sustanciales y no sustanciales). En esta fase, están representadas un total de 280 instalaciones, agrupadas según la categoría del epígrafe en la que se ubican (Figura 2.5). Así, la mayoría de las instalaciones afectadas por el marco legal de la PCIC pertenecen a la categoría

9 (industrias agroalimentarias y explotaciones ganaderas) con un total de 149 instalaciones de las cuales 105 pertenecen al subgrupo 9.3. La actividad para la que se han analizado menos aplicaciones son 2 instalaciones pertenecientes a la categoría 11 (industria del carbono), 4 instalaciones pertenecientes al grupo 10 (consumo de disolventes orgánicos) y 6 instalaciones pertenecientes al grupo 1 (instalaciones de combustión).

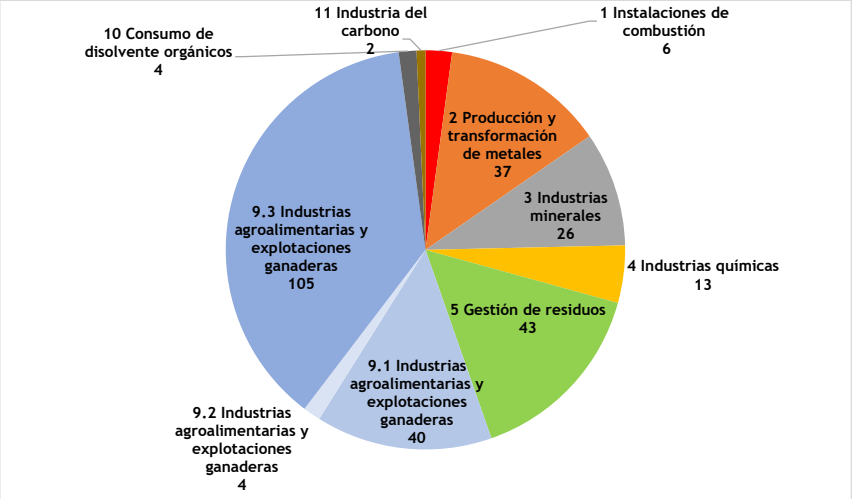


Figura 2.5. Número de instalaciones por categorías de actividades IPPC de la primera fase (Anexo I de la Ley 16/2002)

Durante la segunda fase (Figura 2.6), las instalaciones que requerían AAI aparecen afectadas por la Ley 5/2013 y por el RLD 1/2016. En el Anexo I se incluyen los epígrafes que clasifican las industrias según su actividad. Los trámites correspondientes a la segunda fase que se han representado son: concesiones, modificaciones (sustanciales y no sustanciales) y actualizaciones. En esta fase están representadas un total de 63 instalaciones, agrupadas según la categoría del epígrafe en el que se ubican. De esta forma, la mayoría de las instalaciones afectadas por la DEI pertenecen a la categoría 9 (industrias agroalimentarias y explotaciones ganaderas) con un total de 30 instalaciones de las cuales 18 pertenecen al subgrupo 9.3. La actividad para la que se han analizado menos aplicaciones son 2 instalaciones pertenecientes a la categoría 1 (instalaciones de combustión), 4

instalaciones pertenecientes al grupo 3 (industrias minerales) y 4 instalaciones pertenecientes al grupo 4 (industrias químicas).

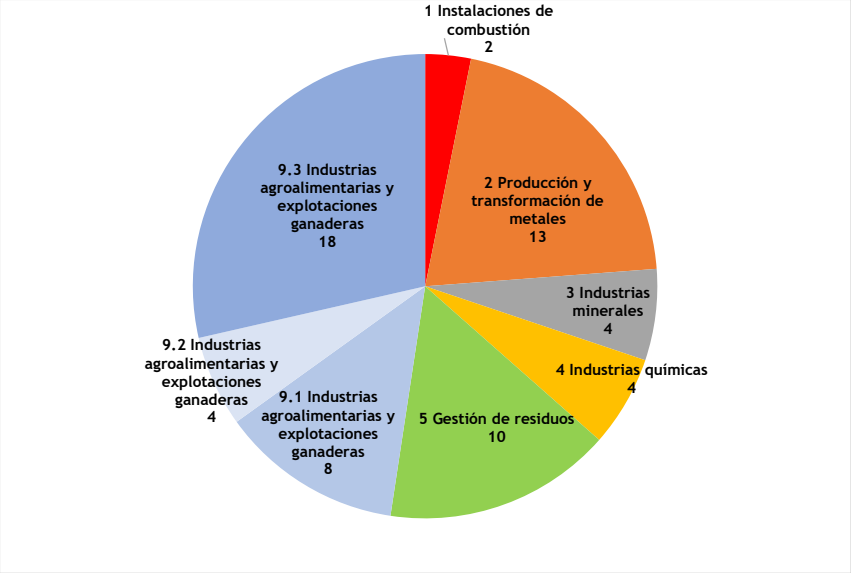


Figura 2.6. Número de instalaciones por categorías de actividades IPPC de la segunda fase (Anexo I. Ley 5/2013 y RDL 1/2016)

Las principales diferencias entre la legislación de la primera fase y la segunda se encuentran en el pliego de condiciones del Anexo I para la clasificación de la actividad de las instalaciones. Además, la legislación de segunda fase añade 3 categorías de clasificación más con respecto a la Ley 16/2002.

2.4 De la PCIC a la economía circular

La política de PCIC surge en los años 90 del siglo pasado en el seno del V Programa Marco de medio ambiente de la Unión Europea. La situación es de pleno desarrollo político en materia de medio ambiente, y de las herramientas más eficaces para el desarrollo de las políticas, la legislación. Esta política supone un avance significativo respecto a las políticas anteriores que se limitaban al control de la contaminación (fin de línea) considerando por separado los entornos receptores de la contaminación en el medio ambiente. La política de PCIC, da un gran paso en los dos sentidos: considera además del control la necesidad de considerar la prevención de modo que se evite la

generación de la contaminación, y en el caso de que no sea posible se sigue considerando el control. Pero este control, así como la prevención, deben ser llevados a cabo de forma integrada considerando el medio ambiente en su conjunto (aire, agua y suelo) de modo que se eviten transferencias de un medio a otro. Esta política que propone la Comisión Europea en los años 90 del siglo pasado resulta revolucionaria y novedosa, e implica un gran reto para las instalaciones potencialmente contaminantes a las que va dirigida. Revolucionarios son los conceptos de Mejores Técnicas Disponibles, que incluyen no sólo la tecnología sino la Buenas Prácticas, y que abarcan todas las etapas (desde el diseño hasta el cierre y recuperación de la zona de la instalación) y todos los procesos desde la extracción de materias primas hasta la expedición de productos y más allá. Revolucionario es también el intercambio de información para la actualización continua de las MTD, y el gran papel de *EIPPCB* creado para tal fin, con la publicación de los *BREF*. Como novedad relevante aparece la figura de AAI que es una autorización integrada que incorpora VLE, pero que deben estar basados en las MTD.

Una década después de la publicación de la Directiva PCIC original (1996), en Galicia el proceso está en marcha ya de forma continúa siendo una región pionera en su aplicación, gracias a una administración muy dinámica y la colaboración entre los diferentes entes: la administración, las industrias, los expertos de centros de investigación, las asociaciones, y el público en general. La transparencia informativa que promueve la PCIC y que posteriormente viene respaldado de forma muy oportuna por la firma del Convenio de Aahrus de libre acceso a la información ambiental por parte de la UE mediante la directiva correspondiente publicada en 2003, resulta igualmente novedosa.

En 2010 la industria está preparada para asumir un nuevo reto, una vez adaptada a la política de PCIC la UE publica la DEI que deroga la directiva PCIC original y la fusiona con muchas otras normas legales que, en la ambiciosa década de los 90 del siglo pasado, promulgó y que ya estaban en marcha. Los *BREF* de la primera fase están ya publicados, las instalaciones adaptadas, las administraciones también. Empieza entonces la segunda etapa, una etapa en la que las MTD es un concepto maduro (se definió

por primera vez en 1996 en la Directiva PCIC (96/61/CE)). Pero MTD es un concepto dinámico. Las MTD deben actualizarse continuamente y la actualización debe incluir las últimas mejoras y desarrollos técnicos. Es en esta etapa cuando los inventarios de MTD (tanto sectoriales como horizontales) se actualizan con la primera revisión de los BREF que está a punto de finalizar, y con la aparición de los *BATC*. Aquellos aparecen como no vinculantes pues en una primera etapa resultaría muy complicado, pero ya en esta etapa de madurez se publican estos últimos como Decisiones, normas jurídicas vinculantes.

El concepto de economía circular comienza a llamar a nuestras puertas coincidiendo con la segunda fase de la aplicación en Europa de la política de PCIC, con la renovación. Este concepto, que impulsa la eficiencia óptima de los recursos propone un sistema donde la reutilización y el reciclaje proporcionan sustitutos al uso de materias primas vírgenes. Al reducir nuestra dependencia de dichos recursos, mejora nuestra capacidad y la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. La economía circular hace que la sostenibilidad sea más alcanzable (Sauvé, 2016). Sin duda, el concepto/enfoque de “prevención y control de la contaminación” es precursor de la "economía circular” y necesario para su implantación en los próximos años.

Para una transición óptima, equilibrada y eficaz a una economía circular, es imperativo integrar políticas y técnicas que mejoren la gestión ambiental en cualquier nivel de producción de la cadena de valor a través de la investigación, la ecoinnovación y la inversión. Dentro de este reto, las instalaciones afectadas por la DEI juegan un papel fundamental, siendo fundamental para consolidar e involucrar a los sectores tecnológicos emergentes y modernizar los tradicionales, promoviendo la eficiencia y prevención de los recursos y control integrado de la contaminación mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles (Xunta de Galicia, 2020)

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

3 INDUSTRIA DE CONSERVA DE PESCADOS Y MARISCOS

Este capítulo es una reproducción de las siguientes publicaciones derivadas de la investigación desarrollada por la doctoranda durante su etapa de formación de doctorado:

- Título: *Integrated environmental permit through Best Available Techniques: evaluation of the fish and seafood canning industry*
- Autores: P.M. Bello Bugallo, L. Cristóbal Andrade, A. Magán Iglesias, R. Torres López
- Editorial: Elsevier
- Revista: Journal of Cleaner Production
- ISSN: 0959-6526 eISSN: 1879-1786
- Factor de impacto de la revista (2013): 3,590
- Año de publicación: 2013
- Posición relativa en la categoría a la que pertenece:
  · Engineering, Environmental—SCIE 9/46 (2013)
  · Environmental Sciences—SCIE 29/216 (2013)
- Número de veces citado: 27 en la colección principal de WOS; Publons score: 9/10 (calidad) y 9/10 (significacia)
- Contribución de la doctoranda: desarrollo de la investigación y escritura del paper.
- Autorización de la revista/editorial para el uso de la publicación en la tesis de doctorado: en el URL https://www.elsevier.com/about/policies/copyright/permissions, aparece la política de permisos. En ella el autor de una publicación en la editorial tiene permiso para utilizarla tanto en el documento de tesis como en la defensa como se indica a continuación en inglés (transcrito exactamente de dicha URL):
  · *Can I use material from my Elsevier journal article within my thesis/dissertation? As an Elsevier journal author, you have the right to Include the article in a thesis or dissertation (provided that this is not to be published commercially) whether in full or in part, subject to proper acknowledgment; see the Copyright page for more information. No written permission from Elsevier is necessary. This right extends to the posting of your thesis to your university's repository provided that if you include the published journal article, it is embedded in your thesis and not separately downloadable.*
  · *Can I include/use my article in my thesis/dissertation? Yes. Authors can include their articles in full or in part in a thesis or dissertation for non-commercial purposes.*

3.1 RESUMEN

La industria de conservas de pescado y mariscos constituye un sector fundamental para la economía de Galicia, donde esta actividad representa más del 50% del número total de instalaciones de este sector en España, y representa el 80% de la producción nacional. Por lo tanto, destacando su papel esencial en la economía de la región, es importante fomentar la sostenibilidad a través del consumo responsable de materias primas, la prevención y reducción de la generación de residuos y el uso de tecnologías limpias. Este es un objetivo de la Unión Europea (UE) que puede llevarse a cabo con la política propuesta en 1996, por la que se publica la Directiva de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (PCIC), derogada en 2010 por la Directiva 2010/75/UE de Emisiones Industriales (DEI) que incluye también la actualización de la PCIC. La política de la PCIC establece un marco que exige a los estados miembros de la UE que emitan permisos de funcionamiento para las instalaciones industriales que realizan ciertas actividades potencialmente contaminantes descritas en el Anexo I de las directivas, entre las que está incluida la industria de conservas de pescado y mariscos en el epígrafe 6.4.b. Los aspectos principales de estas leyes son la prevención, la Autorización Ambiental Integrada (AAI), el intercambio y la libertad de acceso a la información, el uso de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y el establecimiento de Valores Límite de Emisión (VLE). Además, la Directiva tiene en cuenta las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo, así como los aspectos de gestión de residuos, eficiencia de los recursos y eficiencia energética. En resumen, el propósito de la PCIC es lograr un alto nivel de protección para el medio ambiente en su conjunto y la salud de las personas. Este capítulo analiza el grado de implementación del marco legal de PCIC en la industria de conservas de pescado y marisco de Galicia desde la publicación de la primera norma legal al respecto en 1996 hasta la actualidad. Se propone una metodología para comparar las emisiones en función de los factores de emisión, teniendo en cuenta las MTD implementadas y su influencia en el desempeño ambiental general de la instalación.

Los resultados muestran que el grado de implementación de MTD es suficiente para cumplir con la legislación, siendo posible en todos los casos implementar más técnicas candidatas a ser MTD. El porcentaje de MTD implementadas no supera el 25% en cada una de las plantas del sector analizadas, por lo que sería posible mejorar en gran medida el comportamiento ambiental de todas ellas. Un resultado que se extrae de esta investigación es que no hay una relación directa entre el número de MTD implantadas por planta y su funcionamiento ambiental, lo que indica que la selección de técnicas puede mejorarse previamente a la implantación mediante estudios del proceso con herramientas adecuadas que identifiquen, por ejemplo, los Flujos Mejorables (FM). También se observa que se podría mejorar la forma de implementación y mantenimiento de las técnicas.

En términos generales, se puede concluir que el grado de implementación de técnicas en las plantas de conservas de pescado y mariscos consideradas es aceptable, pero no está "optimizado", por lo que puede mejorarse. Se observa una deficiencia en la implementación de técnicas relacionadas con la gestión del proceso. Estas técnicas afectan mucho al consumo de materiales y energía, que no está optimizado en ningún caso. Por otro lado, las técnicas relativas a las operaciones previas, que son una fuente potencial importante de olores, aguas residuales y residuos, se observa que no siempre están implementadas de forma apropiada. Las plantas prácticamente han obviado técnicas tan importantes como las que se pueden aplicar en las etapas de recepción, descongelación, descabezado, corte y evisceración, que tienen un gran impacto sobre el funcionamiento ambiental de las plantas.

Debido los resultados obtenidos en esta investigación sobre la implantación de las MTD en el sector, los estudios futuros deberían centrarse en identificar las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD. Se debían identificar los focos principales de contaminantes para cada uno de ellos, de modo que se pueda recomendar e implementar una MTD adecuada. Por otro lado, también debería analizarse si las técnicas ya implementadas son las más adecuadas/prioritarias o/y si funcionan correctamente. Una evaluación previa a la

implementación de las técnicas, de los flujos potencialmente mejorables en la planta daría lugar a una implementación óptima, y una implementación y mantenimiento adecuado de las mismas mejoraría el funcionamiento ambiental. En consecuencia, se podrían proponer medidas correctivas y se podría mejorar el funcionamiento ambiental de las plantas. Estos análisis podrían aplicarse al resto del sector, optimizando el funcionamiento ambiental global de un sector tan relevante para la economía gallega.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

3.2 INTRODUCCIÓN

3.2.1 La industria de conserva de pescados y mariscos en Galicia

La industria pesquera involucra un amplio rango de actividades desde el más tradicional, como la pesca, marisqueo o cultivo (García Negro et al., 2009), hasta actividades industriales que incluyen centros de depuración y distribución, cocción y plantas de envasado (Iribarren et al., 2010a), entre otras, donde se procesa el pescado y marisco para obtener productos finales.

En España la industria de conserva de pescados y mariscos se dedica mayoritariamente al atún, seguido por el mejillón, la anchoa, el pulpo, la caballa, el berberecho, la jibia, las sardinas, la almeja y, por último, el salmón (Figura 3.1)

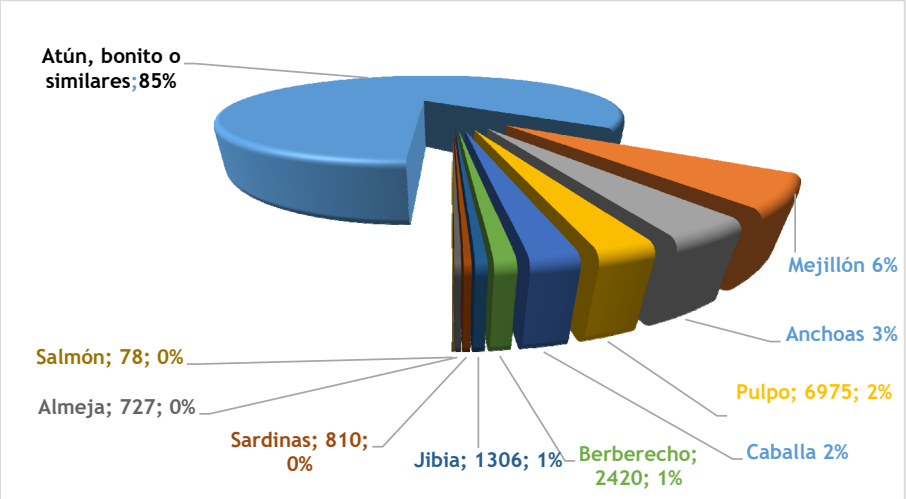


Figura 3.1. Productos envasados en España en 2018 (datos de INE, 2020)

La economía gallega está muy influenciada por una larga tradición pesquera, aunque el sector evolucionó mucho sobre todo a principios del presente siglo, tanto técnicamente como en el volumen de capturas (Caballero Míguez et al., 2008), donde Galicia se situó entre las primeras posiciones a nivel mundial de producción de varias especies: el segundo mayor productor de mejillón en el mundo (Caballero Míguez et al., 2009) y el segundo mayor exportador de atún procesado (Hospido et al., 2006)

El sector pesquero gallego está compuesto por varios miles de compañías (Doldán García et al., 2011) incluyendo la pesca, el cultivo de mariscos, la acuicultura y las plantas frigoríficas y de envasado (Xunta de Galicia, 2010). Las capturas frescas y el cultivo de mariscos dan lugar a una gran cantidad de productos marinos comercializados frescos, precocidos o enlatados (Barros et al., 2009b). En 2007 el sector generó en Galicia más de 4750 millones de euros, 21,05% de los cuales corresponden a la industria conservera (IGE, 2010). En 2019 generó más de 3120 millones de euros, 58,16% se corresponden con la industria conservera (IGE, 2020), por lo que este subsector ha ganado representación con respecto a otros.

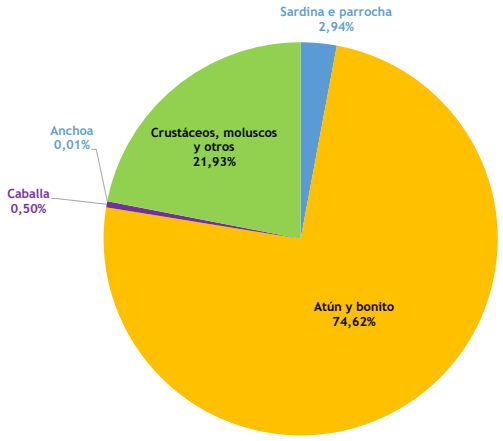


Figura 3.2. Productos envasados en Galicia en 2019 (IGE, 2020)

La industria de conservas de pescado y mariscos produce productos envasados con diferentes líquidos de cobertura en recipientes herméticos esterilizados por tratamiento térmico. En Galicia se produjeron en 2009 más de 360000 toneladas de estos productos envasados al año (INE, 2010) mientras que en 2019 se produjeron 364418 toneladas, sensiblemente superior a una década antes. En 2008 existían en Galicia 67 plantas de envasado (datos de 2008) (ANFACO, 2008) representando más del 45% de la industria conservera española (Xunta de Galicia, 2010); actualmente el número de plantas de conservas es prácticamente el mismo, pero al aumentar

la producción, el porcentaje de representatividad de Galicia en el total de España ha aumentado considerablemente. De entre las especies disponibles en el mercado, el atún fue tradicionalmente el producto marino envasado por excelencia (Hospido et al., 2006), y sigue siendo, seguido por los moluscos (mejillón y calamar especialmente) y crustáceos y otros, la sardina y la caballa (Figura 3.2). Algunas plantas combinan la producción de productos marinos envasados con la elaboración de alimentos precocinados basados en productos marinos de la pesca.

La industria de conservas del pescado y el marisco está incluida en el ámbito de aplicación de la Directiva 2010/75/UE en el epígrafe 6.4 (b) de su Anexo 1 como: «b) Tratamiento y transformación, distintos del mero envasado, de las siguientes materias primas, tratadas o no previamente, destinados a la producción alimentos o piensos procedentes de: i) solo materia prima animal (que no sea exclusivamente la leche), con una capacidad de producción de productos acabados superior a 75 toneladas por día». La industria conservera gallega está integrada principalmente por plantas pequeñas y tradicionales, de modo que solo ocho de las instalaciones de conservas de pescado y marisco gallegas estaban afectadas por la Directiva de PCIC original cuando a principios de este siglo fue transpuesta al sistema legislativo español por la Ley 16/2002 (Gobierno de España, 2002)

Este capítulo analiza el grado de implementación de la Directiva de PCIC en la industria de conserva de pescados y mariscos en Galicia, para evaluar el funcionamiento ambiental con respecto a la situación técnica de las principales plantas que conforman un sector tan importante para esta región. En este capítulo se propone una metodología para comparar las emisiones (calculadas con los factores de emisión), considerando la MTD implementada y su influencia en el funcionamiento ambiental general de la instalación. Es un enfoque novedoso que utiliza la herramienta legal provista por la Directiva PCIC, el permiso ambiental (en España llamada Autorización Ambiental Integrada -AAI-), para evaluar los principales aspectos que aborda, a saber, las MTD y las emisiones de contaminantes, asociados a los VLE.

3.3 METODOLOGÍA

Este capítulo presenta un procedimiento de análisis del grado de implementación de la política de PCIC en la industria de conserva de pescado y marisco. El trabajo se basa en las emisiones contaminantes y la aplicación de MTD. Incluye una serie de pasos secuenciales que se describen a continuación.

1) Análisis de un proceso de conserva de pescado y mariscos genérico. Se identifican las etapas típicas del proceso, se clasifican y describen, elaborando un diagrama de flujo. Se definen de forma cualitativa las principals entradas y salidas con el fin de identificar los consumos y emisiones derivadas del proceso.

2) Selección de plantas de referencia de conserva de pescados y mariscos de Galicia. Los criterios de selección son:

- Plantas afectadas por la ley española 16/2002 (transposición de la Directiva 96/61/CE), con una autorización ambiental integrada en vigor.
- Plantas que procesen solo productos marinos para la conserva.

3) Recopilación de datos. Las autorizaciones ambientales integradas se utilizan para recopilar información específica y datos acerca de las plantas seleccionadas.

4) Cálculo de los impactos ambientales asociados a cada planta. Los impactos ambientales se calculan utilizando diferentes métodos: las emisiones al aire se calculan utilizando como base factores de emisión; las emisiones al agua se calculan utilizando como base también los factores de emisión; y los residuos generados se recopilan de documentos públicos. Los datos calculados se normalizan sobre la base de 1 tonelada de producto marino procesado, de modo que se puedan comparar las emisiones de cada planta.

5) Análisis MTD. Identificación de todas las técnicas candidatas a ser MTD para la industria de conserva de pescados y mariscos implementadas en cada planta. Las técnicas candidatas son inventariadas de acuerdo con los métodos propuestos por Barros et al. (2007) que incorporan el análisis en profundidad del proceso considerado (identificación de las etapas del proceso, consumos, emisiones y flujos internos) para el desarrollo de un inventario de

técnicas candidatas a ser MTD, incorporando para cada una de ellas una ficha técnica. Posteriormente, incorporando la información disponible en las autorizaciones ambientales integradas, se identifican y analizan las técnicas implementadas.

6) Evaluación del grado de implementación de la filosofía de PCIC en cada planta por comparación de las emisiones calculadas y las técnicas ya implementadas.

3.4 ANÁLISIS DE UN PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO Y MARISCOS GENÉRICO

3.4.1 Descripción del proceso

El proceso genérico de conserva de pescados y mariscos se divide en cuatro etapas principales (Figura 3.3)

3.4.1.1 Operaciones previas

Las materias primas (pescado, moluscos y/o cefalópodos) son recepcionadas y son controladas en la recepción y llevadas a sus áreas específicas, una vez que pasan los controles de calidad. El pescado puede recibirse fresco o congelado, y se almacena en cámaras de refrigeración, o se envía directamente a fábrica. El pescado congelado debe descongelarse hasta alcanzar una temperatura óptima de corte que evita el daño y pérdidas de la materia prima. Se transporta para ser llevado a las máquinas de lavado, donde se descabeza, corta y eviscera, manual o automáticamente. A veces el pescado pequeño se somete a pelado químico para eliminar la piel y mejorar el sabor del producto final. Los moluscos se desgranan para romper los grupos de moluscos en piezas individuales (tambor mecánico rotarorio), y posteriormente se elimina los bisos mecánicamente, operación denominada desbarbado. Los cefalópodos sólo requieren descongelación antes de continuar con el procesado.

Una vez realizada la preparación de materias primas, estas se lavan para eliminar componentes no deseados. El lavado puede llevarse a cabo mediante un pulverizado vigoroso (duchas, por ejemplo) con agua de mar y agua potable, o por inmersión en balsas

de sangrado y limpieza. Una vez lavadas las materias primas se sitúan en rejillas metálicas para cocción.

Los ingredientes requieren etiquetado y almacenamiento adecuado de acuerdo con la fecha de recepción. El líquido de cobertura se prepara mezclando ingredientes en un tanque de calentamiento (a 80-90ºC). Cuando la mezcla está preparada, se bombea a los dosificadores de la línea de llenado.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

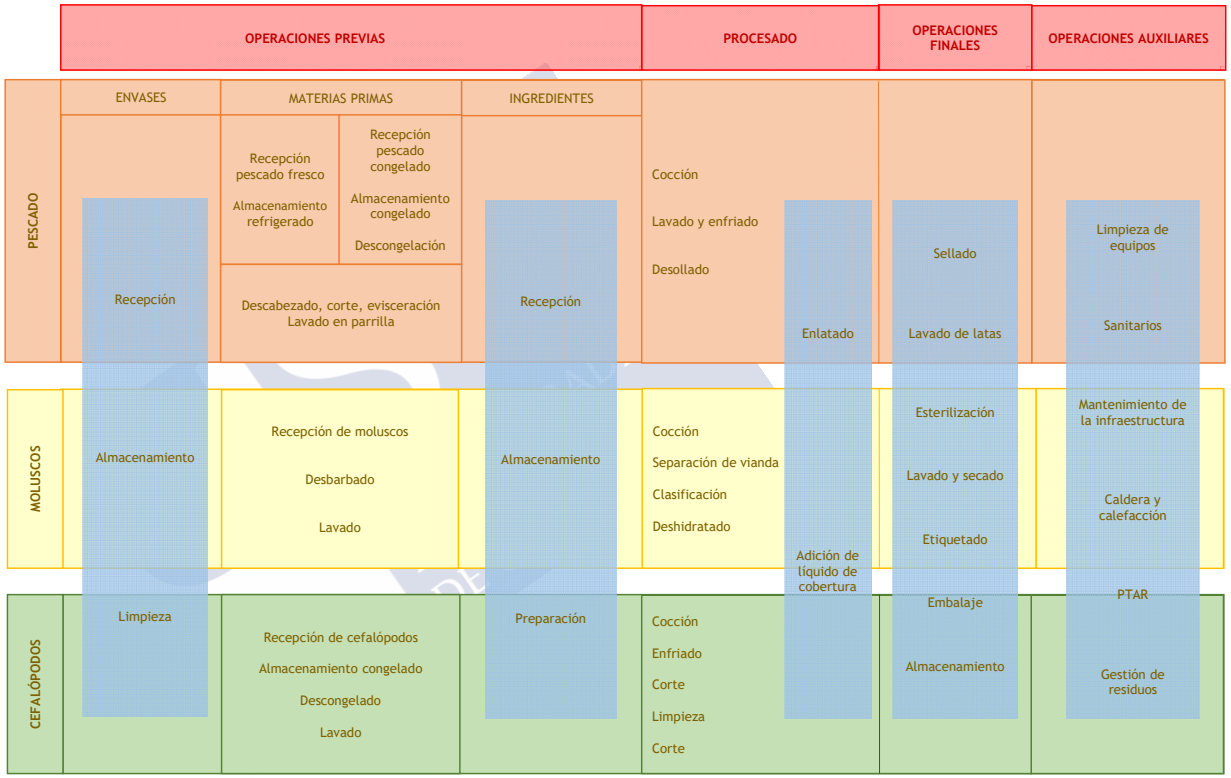


Figura 3.3. Diagrama de flujo genérico para el proceso de conserva de pescado y mariscos

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

3.4.1.2 Procesado

La cocción es la etapa más importante del proceso productivo, ya que de esta operación dependen las propiedades del producto final, altera la textura, el color y el contenido de humedad del producto, obteniendo ciertas propiedades deseables de color, textura y sabor de este. Las materias primas se cuecen normalmente a 90-100ºC y presión atmosférica (*IHOBE*, 2001), 45-60 minutos para filetes y 120-180 minutos para piezas enteras.

El producto cocido se lava y enfría, procesos que pueden necesitar varias horas. Para reducir el tiempo de enfriado se puede utilizar refrigeración (US EPA, 1993). Una vez frío, las cabezas, aletas, espinas y otras partes no deseables se eliminan manualmente, y la pieza se corta o se trocea para envasado.

Los moluscos pasan por el equipo de separación para separar la vianda de la concha mediante cintas vibratorias, túneles rotatorios o flotación en baños de salmuera. El siguiente paso es un lavado adicional para eliminar residuos todavía presentes como arena, trozos de concha, etc. La deshidratación elimina el agua contenido en la carne utilizando vapor.

En el caso de los cefalópodos, después de la etapa de refrigeración, se someten a doble corte. Primero se cortan con cuchillo, y después se lavan para eliminar material orgánico indeseado y finalmente se cortan de acuerdo con la forma final deseada.

Las últimas etapas son la adición de líquido de cobertura y envasado. El envasado tiene lugar cuando la materia prima alcanza temperatura adecuada. Las adiciones de líquido de cobertura se realizan de acuerdo con diferentes tipos de líquidos como aceites vegetales, salmuera, salsas, vinagre, etc, mediante una máquina de dosificación al vacío.

3.4.1.3 Operaciones finales

Después del envasado, las latas o envases se empaquetan y sellan a vacío (Barros et al., 2009b), y posteriormente se lavan, esterilizan, enfrían, lavan y secan. Finalmente, las latas se empaquetan y almacenan hasta su distribución.

3.4.1.4 Operaciones auxiliares

Las operaciones auxiliaries incluyen las siguientes etapas:

- Limpieza y mantenimiento, para mantener las instalaciones en condiciones de higiene y seguridad.
- Servicios higiénicos para el personal de la instalación.
- Servicios de caldera de vapor y calentamiento para producir el vapor requerido en cocción y esterilización.
- Gestión de residuos, incluyendo un sistema adecuado o un gestor autorizado para gestionar los residuos generados en el proceso.
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para tratar dos corrientes de aguas residuales, una de alta carga orgánica y otra de baja carga orgánica, por medio de digestión aerobia y anaerobia, entre otras tecnologías importantes.

3.4.2 Entradas y salidas principales al y del proceso

3.4.2.1 Entradas

Los flujos característicos de entrada al proceso se indican a continuación:

- Materias primas. La industria gallega de conserva de pescado y mariscos utiliza normalmente como materias primas pescado (atún, sardina, caballa y anchoa), moluscos (mejillones, berberechos, navajas, zamburiñas y otros) y cefalópodos (chipirones, calamares, y pulpo).
- Materias auxiliares. Aceite, vinagre y vegetales, usados para la preparación de líquido de cobertura.
- Materias de envasado y embalaje. Incluyen latas, cartón, embalajes, etiquetas, tinta y disolvente.
- Agentes de limpieza. Principalmente detergentes, sosa caústica y lejía.
- Agua. El consumo de agua es uno de los aspectos ambientales claves en el sector. Se usa principalmente en operaciones de limpieza, lavado de materias primas y cocción.
- Energía. Se utiliza electricidad en procesos mecánicos y de refrigeración/enfriamiento, también combustibles fósiles para el transporte y para producir vapor. El 29% del total de energía en

este sector corresponde a la energía para el calentamiento, mientras que el enfriado y refrigeración representa en torno a 16%. El consumo medio de energía por la industria de conserva es aproximadamente 150-190 kWh por tonelada de pescado procesado (Comisión Europea, 2006)

3.4.2.2 Salidas

Los flujos característicos de salida del proceso se indican a continuación:

- Emisiones a la atmósfera. Las fuentes de contaminación principales son:
  - · Gases de combustion, debido a la combustion de combustibles fósiles, que se usa para producir vapor para las etapas de cocción, esterilización y limpieza. Los contaminantes principales son CO_2, SO_2, NO_x, CO, partículas y COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) (*Environment Australia*, 1999; *IHOBE*, 2001; Xunta de Galicia, 2001).
  - · Olores. Se derivan del almacenamiento de residuos o envases deteriorados, y aguas residuales estancadas. El sulfuro de hidrógeno (H_2S) y la trimetilamina ($(CH_3)_3N$) son los principales contaminantes que generan malos olores. (US EPA, 1993; Xunta de Galicia, 2001; Bello Bugallo et al. 2018)
  - · Partículas, debido al transporte de materias primas y productos hacia y desde la planta.
- Efluentes líquidos. Son extremadamente variables en composición, aunque generalmente tienen un gran contenido en sal y un alto contenido en compuestos orgánicos (ACO). Provocan principalmente hipoxia y eutrofización. También derivan en la turbidez de los sólidos suspendidos, y pueden reducir la concentración de oxígeno disuelto debido a los efluentes de alta temperatura (Orozco et al., 2003)
- Residuos. Los residuos generados como consecuencia de este proceso se clasifican como no peligrosos y peligrosos, según lo define la Directiva Europea 2008/98/CE (CE, 2008b). Los residuos no peligrosos en el proceso son principalmente envases, plástico, cartón y latas rechazadas. Las pequeñas cantidades de

residuos peligrosos incluyen equipos y productos utilizados en operaciones de mantenimiento. Debido a la relevancia de los tratamientos de aguas residuales en el sector, los lodos se consideran como una categoría independiente.

3.5 SELECCIÓN DE PLANTAS

Se seleccionaron cuatro plantas gallegas con el objetivo de este capítulo. Estas son plantas de conserva de pescado y mariscos afectadas por el epígrafe 6.4 (b) de la Directiva de PCIC. Todas estas plantas ya existían cuando se aprobó la Ley 16/2002 y tuvieron que introducir ciertas modificaciones para adecuarse a los requerimientos de la PCIC. Todas ellas consiguieron las primeras autorizaciones ambientales integradas entre marzo y junio de 2008. Son plantas próximas, afectadas por los mismos factores geográficos (costa oeste de Galicia)

3.6 RECOPILACIÓN DE DATOS

Las autorizaciones ambientales integradas de cada planta han sido utilizadas para recopilar datos de procesado, consumo y emisiones. Las autorizaciones ambientales integradas son información pública, y están disponibles en la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructura (Xunta de Galicia, 2009)

Estas plantas presentan algunas diferencias entre ellas debido a la especialización en algunos productos o cuotas de mercado de diferente amplitud, capacidad de producción o fuentes de energía. La Tabla 3.1 muestra las entradas y capacidad de producción de cada planta. Las particularidades de cada planta se describen brevemente a continuación.

Tabla 3.1. Entradas y capacidad de producción para cada planta (Xunta de Galicia, 2009)

Entrada	Unidad	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D
MATERIAS PRIMAS					
Pescado					
Sardina	kg/año	5027646	-	-	-
Atún		-	57056000	56224587	15458000
Atún cocido		10608696	-	2579952	10305000
Moluscos					
Almeja	kg/año	27336	-	2597	-

Entrada	Unidad	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D
Berberecho		98157	-	149464	107300
Navaja		-	-	7577	-
Mejillón		783048	-	474448	15000000
Vieira		45762	-	19606	-
		Cefalópodos			
Cefalópodo (genérico)		-	-	-	850000
Sepia	kg/año	1398852	-	7965	-
Calamar		46447	-	5596	-
Pulpo		113655	-	-	-
TOTAL	t/año	18150	57056	59472	41613
AGUA	m^3/año	270075	242000	664910	382220[(1)]
		ENERGÍA			
Electricidad	kWh/año	3597065	6000000[(2)]	16029000	6850000
Fuel-oil	kg/año	1 868 350	1112410	9917400	957000
Gasoil		27 335	26550	93128	-
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN[(3)]	latas/min	950	1250	1000	2620

[(1)] 125000 m^3/año corresponden a agua salada
[(2)] Datos estimados (no disponibles en la autorización ambiental integrada)
[(3)] Estimados a partir de datos disponibles en la autorización ambiental integrada

3.6.1 Planta A

La planta A produce una amplia variedad de productos en conserva incluyendo pescado, moluscos y cefalópodos. En ella se utiliza combustible de bajo contenido en azufre para la producción de vapor. Para las máquinas elevadoras, tractores y otros motores se utiliza gasoil, pero no en los equipos de proceso excepto en los calentadores de emergencia u operaciones de arranque.

3.6.2 Planta B

La planta B es muy específica, pues procesa solo atún que se manufactura como producto envasado, pero también se conserva mediante otras técnicas como congelado. Para producir vapor se usa combustible de bajo contenido en azufre, mientras que la energía térmica extra se compra a una planta de cogeneración anexa.

3.6.3 Planta C

La planta C produce varios productos envasados entre los que incluye pescados, moluscos y cefalópodos, pero también una amplia variedad

de productos de atún procesados. Como esta planta es la que procesa mayor cantidad de materias primas y auxiliares, es la que consume más agua. A pesar de quemar combustible de bajo contenido en azufre para la producción de vapor, esta planta también tiene una instalación de cogeneración, lo que explica su gran consumo de combustible.

3.6.4 Planta D

La planta D principalmente se enfoca a la producción de atún y mejillón, así como pequeñas cargas de berberechos y cefalópodos. Al igual que en las otras plantas, el combustible bajo en azufre se utiliza para producir vapor, aunque la energía térmica también se compra a una planta de cogeneración.

3.7 IMPACTOS AMBIENTALES

Las emisiones tanto al aire como al agua para cada planta se estiman utilizando los factores de emisión apropiados. Estos factores se basan en el promedio de las emisiones medidas de procesos e instalaciones similares. Un factor de emisión es un valor que relaciona la emisión de un contaminante con un nivel de actividad que se puede medir fácilmente; como entrada (por ejemplo, materia prima o masa de combustible, volumen, poder calorífico, etc.), funcionamiento (por ejemplo, horas de trabajo) o salidas del proceso (por ejemplo, masa o número de productos) (Saarinen, 2003).

Los factores de emisión tanto de las emisiones al aire como al agua se han compilado de la bibliografía. La Tabla 3.2 muestra los factores de emisión correspondientes a las emisiones al aire. Estos factores de emisión están especialmente definidos para la industria de conservas de pescado y marisco, considerando el procesado de pescado y las calderas o los motores de combustión externa, que son las principales fuentes de contaminantes a la atmósfera. La Tabla 3.3 incluye los factores de emisión para las emisiones al agua relacionadas con Demanda Química de Oxígeno (DQO), fósforo, nitrógeno y cloruro, que son los contaminantes más relevantes para esta industria. Como la planta B solo procesa atún, también se propone un factor de emisión específico para las industrias procesadoras de atún.

Tabla 3.2. Factores de emisión para los contaminantes al aire

Contaminante	Unidad[1]	Combustión externa			Combustión interna	
		Factor de emisión (f_i, F_i)		Referencia	Factor de emisión (f_i, F_i)	Referencia
		Fuel-oil	Gasoil		Gasoil	
NMVOC	kg/GJ	$5{,}42 \cdot 10^{-3}$	$1{,}50 \cdot 10^{-2}$	(AEM, 2001; IPCC, 2006; US EPA, 1980-2004)	$4{,}54 \cdot 10^{-2}$	(US EPA, 2004)
SO_x	kg/t combustible	20,00	4,00	(Gobierno de España, 2003a)	$9{,}28 \cdot 10^{-2}$ (kg/GJ)	(Gobierno de España, 2003a)
NO_x	kg/GJ	0,18	$9{,}00 \cdot 10^{-2}$	(AEM, 2001)	$6{,}66 \cdot 10^{-2}$	(Win Precog, 2000)
CO	kg/ t combustible	$6{,}11 \cdot 10^{-1}$	$1{,}40 \cdot 10^{-2}$	(AEM, 2001; US EPA, 1980-2004; US EPA, 2004)	$6{,}31 \cdot 10^{-2}$ (kg/GJ)	
PM_{10}		1,06	$1{,}43 \cdot 10^{-1}$	(EPA, 1980-2004)	$3{,}73 \cdot 10^{-1}$ (kg/GJ)	
CO_2	kg/GJ	76,60	73,00	(AEM, 2001; IPCC, 2006)	73,00	(AEM, 2001; IPCC, 2006)
CH_4		$2{,}99 \cdot 10^{-3}$	$1{,}86 \cdot 10^{-4}$	(AEM, 2001; US EPA, 1980-2004; IPCC, 2006)	$3{,}68 \cdot 10^{-3}$	(US EPA, 2004)
N_2O		$3{,}13 \cdot 10^{-4}$	$3{,}58 \cdot 10^{-4}$	(US EPA, 1980-2004; IPCC, 2006)	$2{,}50 \cdot 10^{-3}$	(AEM, 2001)
6PAH[2]	kg/t combustible	$1{,}33 \cdot 10^{-6}$	$2{,}67 \cdot 10^{-7}$	(US EPA, 1980-2004; NPI, 1998-2004; US EPA, 2004)	$2{,}31 \cdot 10^{-6}$ (kg/GJ)	(US EPA, 1980-2004)
Benceno	kg/GJ	$4{,}23 \cdot 10^{-5}$	$1{,}89 \cdot 10^{-5}$	(US EPA, 1996; US EPA, 2004)	$3{,}49 \cdot 10^{-4}$	
As	kg/t combustible	$5{,}00 \cdot 10^{-4}$	$2{,}00 \cdot 10^{-6}$	(AEM, 2001; US EPA, 1980-2004)	$2{,}00 \cdot 10^{-6}$	
Cd		$1{,}00 \cdot 10^{-3}$	$3{,}55 \cdot 10^{-6}$	(AEM, 2001; US EPA, 2004)	$3{,}55 \cdot 10^{-6}$	(US EPA, 2004)
Cr		$2{,}50 \cdot 10^{-3}$	$1{,}44 \cdot 10^{-5}$	(AEM, 2001; US EPA,	$1{,}44 \cdot 10^{-5}$	(US EPA, 1980-2004; US

Contaminante	Unidad[1]	Combustión externa Factor de emisión (f_i, F_i)		Referencia	Combustión interna Factor de emisión (f_i, F_i)	Referencia
		Fuel-oil	Gasoil		Gasoil	
				1980-2004; US EPA, 2004)		EPA, 2004)
Cu	kg/ton fuel	$1{,}00 \cdot 10^{-3}$	$3{,}93 \cdot 10^{-5}$	(AEM, 2001)	$3{,}93 \cdot 10^{-5}$	(AEM, 2001)
Hg	kg/ t combustible	$1{,}00 \cdot 10^{-3}$	$6{,}75 \cdot 10^{-7}$	(AEM, 2001; US EPA, 1980-2004; US EPA, 2004)	$6{,}75 \cdot 10^{-7}$	(US EPA, 1980-2004; US EPA, 2004)
Ni		$3{,}50 \cdot 10^{-2}$	$7{,}64 \cdot 10^{-6}$		$7{,}64 \cdot 10^{-2}$	
Pb		$1{,}30 \cdot 10^{-3}$	$4{,}77 \cdot 10^{-6}$		$4{,}77 \cdot 10^{-6}$	
Zn		$1{,}00 \cdot 10^{-3}$	$1{,}80 \cdot 10^{-6}$	(AEM, 2001; US EPA, 2004)	$1{,}80 \cdot 10^{-6}$	(US EPA, 2004)
Cl (como HCl)		$4{,}41 \cdot 10^{-2}$	-	(US EPA, 1980-2004)	-	
F (como HF)		$4{,}84 \cdot 10^{-3}$	-		-	
NH_3		$6{,}36 \cdot 10^{-2}$	$1{,}12 \cdot 10^{-1}$	(AEM, 2001; US EPA, 2004)	$1{,}40 \cdot 10^{-3}$	(AEM, 2001; US EPA, 2004)
Naftaleno		$1{,}40 \cdot 10^{-4}$	$6{,}77 \cdot 10^{-6}$	(US EPA, 1980-2004; NPI, 1998-2004)	$5{,}85 \cdot 10^{-5}$	(US EPA, 1980-2004)
4HAP[3]		$4{,}42 \cdot 10^{-7}$	$5{,}46 \cdot 10^{-8}$		$4{,}99 \cdot 10^{-8}$	
COVNM[4]	kg/t pescado cocido	0,10*G	-	(NR Passant, 1993)	-	
Factor de energía	GJ/t combustible	40,20	43,10	(Xunta de Galicia, 2007)	-	

[1]kg/GJ se refiere a kg de contaminante por GJ de energía producida; kg/t combustible referido a kg de contaminante por tonelada de combustible consumido. [2]Fluoranteno, benzo[b]fluoranteno (205-99-2), benzo[a]pireno (50-32-8), benzo[k]fluoranteno (207-08-9), indeno[1,2,3-cd]pireno, benzo[ghi]perileno. [3]Benzo[a]pireno (50-32-8), benzo[b]fluoranteno (205-99-2), benzo[k]fluoranteno (207-08-9), indeno[1,2,3-cd]pireno (193-39-5). [4] G= % contenido en grasa de pescado: 5,03 atún; 11,73 sardinas; 1,13 mejillones; 1,31 cefalópodos; 0,55 vieira; 0,1 berberechos.

Todas las emisiones están normalizadas, de modo que se refieren a una tonelada de producto marino procesado. En consecuencia, la Ecuación 3.1 se aplica a todas las emisiones calculadas para el aire y el agua. En cuanto a los datos de generación de residuos, estos se recopilan de la información disponible en las fuentes bibliográficas.

$$\hat{E}_{i,j} = \frac{E_i}{G_j} \qquad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Donde $\hat{E}_{i,j}$ (kg/t) son las emisiones normalizadas de contaminante i en la planta j, E_i (kg/h) son las emisiones de contaminante i, y G_j (t pescado cocido/h) es la cantidad de producto del mar procesado para la planta j.

Tabla 3.3. Factores de emisión para los contaminantes al agua

Contaminante	Unidad	Factor de emisión (w_i, W_i)	Referencia
DQO	mg/L	460; 1910[(1)]	(Soto et al. 1990)
Fósforo	kg/t pescado cocido	0,4	(COWI, 2000)
Nitrógeno		3; 2,09[(1)]	(COWI, 2000; US EPA, 1974)
Cloruro	mg/L	18800; 18300	(Soto et al. 1990; *IHOBE*, 2001)

[(1)]Para plantas de procesado solo de atún

3.7.1 Emisiones al aire

La mayor parte de las emisiones al aire se corresponden con los contaminantes emitidos en la combustión de combustibles.

Las emisiones de contaminantes típicos emitidos por combustion de combustibles se calcularon para cada planta sobre la base de 1 tonelada de combustible quemado (Ecuación 3.2). Como los olores son un contaminante atmosférico importante, se calcularon los COVNM en relación al contenido en grasa del pescado. Estas emisiones consideraron la cantidad de pescado cocida en vez de la cantidad de combustible quemado.

$$E_{i,j} = f_i \cdot M_j \qquad \text{(Ecuación 3.2)}$$

Donde $E_{i,j}$ (kg/h) son las emisiones de contaminante i en la planta j, f_i (kg/t de combustible) es el factor de emisión para el contaminante i, y M_j (t/h) es la cantidad de combustible quemado en la planta j.

Otras emisiones se calculan en base a GJ de energía producida (Ec. 3.3), porque se usa un factor de energía (Tabla 3.2)

$$E_{i,j} = F_i \cdot E_f \cdot M_j \qquad \text{(Ecuación 3.3)}$$

F_i (kg/GJ) es el factor de emisión (en base a la energía producida) para el contaminante *i*, y E_f (GJ/t de combustible) es el factor de energía.

Todas las plantas usan tanto fueloil como gasoil para producir energía por combustión externa (Tabla 3.1), salvo la planta C, que usa gasoil para combustión interna.

La Tabla 3.4 muestra las emisiones normalizadas calculadas para cada planta. La planta A es la más contaminante, dado que produce 794,71 kg de contaminantes atmosféricos por tonelada de pescado producido. Excluyendo el CO_2, que representa 99,06% de las emisiones totales, el SO_x y NO_x son los contaminantes más relevantes, pues representan respectivamente 67,88% y 24,67% de las emisiones totales. La planta C también es bastante contaminante, ya que sus emisiones atmosféricas son 524,13 kg/t de producto marino procesado. En cuanto a la planta A, los contaminantes más abundantes, a parte del CO_2, son SO_x y NO_x. Las plantas B y D emiten alrededor de 10 y 3 veces menos contaminantes que las otras dos plantas, respectivamente. La planta B es la menos contaminante, ya que solo libera 62,70 kg de contaminantes atmosféricos por tonelada de producto marino procesado.

Tabla 3.4. Emisiones al aire calculadas para cada planta, $\hat{E}i,j$

		Planta			
Contaminante	**Unidad[1]**	**A**	**B**	**C**	**D**
COVNM (proceso)	g/t	8,3480	0,0050	4,7713	4,4858
SO_x	kg/t	5,0538	0,3959	3,3472	1,4213
NO_x		1,8370	0,1438	1,2145	0,5141
CO		0,1562	0,0133	0,1030	0,0434
PM_{10}		0,2676	0,0216	0,1773	0,0753
CO_2		787,2553	62,1113	519,1979	218,7700
CH_4		0,0303	0,0024	0,0201	0,0085
N_2O	g/t	3,1695	0,2479	2,1014	0,8939
COVNM (combustible)	kg/t	0,0573	0,0052	0,0374	0,0155
6HAP[2]	mg/t	0,3775	0,0725	0,2402	0,0945
Benceno	g/t	0,4313	0,0405	0,2853	0,1208
As		0,1263	0,0099	0,0837	0,0355

		Planta			
Contaminante	**Unidad[1]**	**A**	**B**	**C**	**D**
Cd		0,2525	0,0198	0,1673	0,0711
Cr		0,6322	0,0495	0,4186	0,1777
Cu		0,2582	0,0205	0,1697	0,0711
Hg		0,2521	0,0197	0,1671	0,0711
Ni		8,8196	0,6896	5,8472	2,4872
Pb		0,3283	0,0257	0,2175	0,0924
Zn		0,5379	0,0558	0,2887	0,0711
Cl (HCl)		10,33016	0,80770	6,84892	2,91357
F (HF)		1,21946	0,09535	0,80851	0,34394
NH_3		16,43720	1,28099	10,79986	4,51958
Naftaleno		0,03635	0,00393	0,02384	0,00995
4HAP[3]		0,00012	0,00002	0,00008	0,00003

[1]Unidad de contaminante referido a 1 tonelada de producto marino procesado
[2]Fluoranteno, benzo[b]fluoranteno (205-99-2), benzo[a]pireno (50-32-8), benzo[k]fluoranteno (207-08-9), indeno[1,2,3-cd]pireno, benzo[ghi]perileno
[3]Benzo[a]pireno (50-32-8), benzo[b]fluoranteno (205-99-2), benzo[k]fluoranteno (207-08-9), indeno[1,2,3-cd]pireno (193-39-5)

3.7.2 Emisiones al agua

Los principales aspectos ambientales causados por las emisiones al agua de la industria conservera son la hipoxia y la eutrofización como un efecto secundario. Además, se produce turbidez debido a sólidos en suspensión que obstaculizan la fotosíntesis, reduciendo el suministro de oxígeno disuelto. Otro punto de preocupación es la temperatura de los efluentes, ya que el aumento de la temperatura implica una disminución de la concentración de oxígeno disuelto, por lo que la vida acuática es más vulnerable ante enfermedades, parásitos y sustancias tóxicas (Orozco et al., 2003).

Debido a la variabilidad de los productos, se han seleccionado factores de emisión genéricos para toda la industria de conservas de pescado y mariscos. Como la planta B es la única planta que procesa un solo producto (atún), se han considerado factores de emisión específicos (Tabla 3.3)

Las emisiones de DQO y cloruro se calculan sobre la base del agua consumida (Ecuación 3.4), mientras que las emisiones de

fósforo y nitrógeno se calculan con respecto a las toneladas de pescado cocido (Ecuación 3.5).

$$E_{i,j} = w_i \cdot V_j \qquad \text{(Ecuación 3.4)}$$

Donde $E_{i,j}$ (kg/h) son las emisiones de contaminante i de la planta j, w_i (mg/l) es el factor de emisión del contaminante i, y V_j (L/h) es la cantidad de agua consumida de la planta j.

$$E_{i,j} = W_i \cdot G_j \qquad \text{(Ecuación 3.5)}$$

Donde W_i (kg/t pescado cocido) es el factor de emisión del contaminante i, y G_j (t pescado cocido/h) es la cantidad de pescado procesado de la planta j.

La Tabla 3.5 muestra las emisiones calculadas para cada planta. Los valores de emisiones muestran el mismo patrón que para las emisiones al aire. Las plantas A y C son las más contaminantes, siendo el cloruro, por mucho, el contaminante más preocupante. Las plantas B y D liberan bastante menos contaminantes al agua, aunque también muestran la misma tendencia en la distribución de contaminantes, ya que el cloruro es el más emitido.

Tabla 3.5. Emisiones al agua calculadas para cada planta, Êi,j

		Planta			
Contaminante	**Unidad[1]**	**A**	**B**	**C**	**D**
DQO	kg/t	6,85	8,10	5,14	3,77
Fósforo		0,40	0,40	0,40	0,40
Nitrógeno		3,00	2,09	3,00	3,00
Cloruro		279,75	77,62	210,19	153,93

[1]Unidad de contaminante referido a una tonelada de producto del mar procesado

3.7.3 Residuos

La generación de residuos no se ha calculado, pero se ha obtenido de una fuente de información pública, el Registro Español de Emisiones y Fuentes Contaminantes (Gobierno de España, 2007b). Las emisiones informadas se han normalizado de acuerdo con la Ecuación 1 (Tabla 3.6). Las plantas C y D segregan los subproductos derivados del procesado de productos del mar. Para la planta C son migas de pescado, reutilizadas en la alimentación animal, así como pieles, espinas y cabezas que se utilizan para producir harinas. La planta D segrega las conchas y otros restos orgánicos que se utilizan para producir alimentación para peces.

Tabla 3.6. Residuos reportados por cada planta, Êi,j (datos adaptados de Gobierno de España, 2007b)

		Planta			
Residuos	**Unidad[1]**	**A**	**B**	**C**	**D**
Residuos peligrosos	kg/t	0,111	0,085	2,056	0,054
Residuos no peligrosos		20,584	15,348	18,718	21,582
Subproductos		-	-	203,256	538,835
Lodos		88,892	1,855	4,028	30,327

[1]Unidad de contaminante referido a una tonelada de producto del mar procesado

3.8 ANÁLISIS DE MTD

El análisis de MTD (Barros et al., 2007) es una herramienta que evalúa las técnicas candidatas para ser MTD siguiendo la metodología establecida por la *EIPPCB* (Oficina Europea de la PCIC -*European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau*-) (CE, 2008c). Este método considera una serie de caracterísiticas como los aspectos ambientales, la descripción técnica de las MTD, los beneficios derivados de ellos, los efectos secundarios, la implementación, la aplicación y los aspectos económicos que se ilustran en las plantas de referencia donde ya se han implementado las técnicas (Barros et al., 2007; Barros et al., 2008)

La metodología de análisis de MTD se ha utilizado para identificar las técnicas de proceso más adecuadas, que implican la identificación de los problemas ambientales (teniendo en cuenta el consumo de materias primas, agua y energía, así como las emisiones al aire, agua, tierra y residuos generados) y el estudio de las técnicas disponibles que pueden mejorar potencialmente el rendimiento de las plantas analizadas desde un punto de vista económico y ambiental.

Como en cualquier otro sector, a la industria de conservas de pescado y mariscos se le ha proporcionado una serie de técnicas candidatas a ser MTD que se han incorporado en un inventario (Tabla 3.7). El inventario incluye 98 técnicas, la mayoría de ellas tomadas de la bibliografía (CE, 2006; IHOBE, 2001), aunque otras son el resultado de un análisis previo del sector gallego (Xunta de Galicia, 2005)

Tabla 3.7. MTD implementadas en cada planta

ETAPA DEL PROCESO		TÉCNICAS A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACIÓN DE MTD	ASPECTOS AMBIENTALES PRINCIPALES	A	B	C	D
MEDIDAS GENERALES	Gestión de recursos	Metodología para prevenir y minimizar el consumo de agua y energía y la producción de residuos	Consumo de materiales y energía Generación de residuos y aguas residuales				
		Mantener un inventario preciso de entradas y salidas a todas las etapas del proceso					
		Aplicar planificación de la producción, con el fin de minimizar producción de residuos asociados y frecuencias de limpieza					
		Diseñar y seleccionar equipos para la minimización de niveles de consumo y emisiones					
		Bombear solamente la cantidad de agua realmente necesaria	Consumo de agua				
		Usar controles automáticos de agua de encendido y apagado					
		Recepción, almacenamiento y limpieza de contenedores	Consumo de contenedores				
	Actividades de gestion de residuos	Optimizar la operación mediante capacitación	Consumos, emisiones y riesgos				
		Adherirse a un Sistema de Gestión Ambiental (SGA)					
		Buscar colaboración con socios aguas arriba y aguas abajo					
		Apagar equipos cuando no es necesario	Consumo de energía				
		Minimizar las cargas en los motores.					
		Uso de variadores de velocidad para reducir la carga en ventiladores y bombas.					
		Aplicación de aislamiento térmico					
		Transportar materiales sólidos en seco	Consumo de agua y emisiones al agua				
OPERACIONES PREVIAS	Transporte	Evaluación de las condiciones de los vehículos	Emisiones de gases de combustión				
	Recepción	Apagado del motor y la unidad de refrigeración de vehículos durante la carga / descarga y cuando están estacionados					
		Sistema de descarga con aspiración al vacío	Consumo de agua				

ETAPA DEL PROCESO		TÉCNICAS A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACIÓN DE MTD	ASPECTOS AMBIENTALES PRINCIPALES	A	B	C	D
		Tratamiento de aguas residuales generadas en la recepción de materias primas	Emisiones al agua				
		Minimización del tiempo recepción	Emisiones de olores				
	Almacenamiento	Circuito cerrado para agua descongelada	Consumo de agua				
		Refrigeración de condensadores					
		Automatización del sistema de distribución y generación de frío.	Consumo de energía eléctrica				
		Minimización de los tiempos de almacenamiento de materiales perecederos	Consumo de materias primas				
	Descongelado	Descongelación con agua tibia	Consumo de agua				
		Descongelación con aire húmedo					
		Sistema de corte de agua durante la descongelación					
		Reutilización de la mezcla agua/hielo					
		Descongelar hasta -4 ºC					
	Descabezado, corte y eviscerado	Limpieza en seco en la operación de descabezado mediante rampas	Consumo de agua				
		Sustitución de los aspersores existentes por otros de menor consumo de agua en la etapa de corte de filetes					
		Eliminación y transporte en seco de las vísceras mediante rampa inclinada					
		Limpieza en seco en la etapa de corte de filetes					
		Eliminación y transporte de grasa y vísceras mediante vacío					
		Fileteado especial para pescado congelado	Consumo de materias primas				
		Utilización de agua recirculada y filtrada para un enjuague preliminar en el proceso de desescamado	Consumo de agua				
		Ajuste adecuado del agua en la operación de desescamado					

ETAPA DEL PROCESO		TÉCNICAS A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACIÓN DE MTD	ASPECTOS AMBIENTALES PRINCIPALES	A	B	C	D
	Lavado	Optimización de agua utilizando aspersores	Consumo de agua			■	
		Instalación de aspersores para limpiezas ocasionales					
		Lavado del pescado mediante duchas en vez de lavado por inmersión		■	■	■	
		Limpieza de vísceras y carne sin mezclarlos	Consumo de agua y emisiones al agua				
	Colocación de rejillas		Consumo de agua y descarga				
	Recepción, almacenamiento y preparación de ingredientes		Consumo de ingredientes		■		
PROCESADO	Minimizar tiempos de calentamiento y enfriamiento		Consumo energético				
	Cocción	Monitorización del proceso	Consumo de energía eléctrica y combustibles		■	■	■
		Aislamiento térmico de los hornos	Consumo energético		■	■	
		Cocción al vapor/vacío	Consumo de agua			■	■
		Control de los parámetros de cocción. Instalación de termostatos	Emisiones al agua	■	■	■	■
		Cocción en agua dulce		■	■	■	
		Vaciado de hornos					
		Regeneración de salmuera con filtros		■			
		Regeneración de salmuera con membranas					
		Segregación del aceite de cocción		■			
		Recuperación y reutilización del contenido en proteína del efluente de cocción					
		Evitar pérdidas de vapor	Consumo de energía y emisiones al aire				
	Enfriamiento	Reutilizar el agua de refrigeración	Consumo de agua				
	Separación	Utilizar sistemas o equipos apropiados y eficientes	Consumo eléctrico				

ETAPA DEL PROCESO		TÉCNICAS A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACIÓN DE MTD	ASPECTOS AMBIENTALES PRINCIPALES	A	B	C	D
	Lavado	Utilización de mangueras con boquillas y válvulas de cierr	Consumo de agua		■	■	
	Pelado/desollado	Utilizar sistemas de succión a vacío	Consumo de agua				
	Enlatado	Sistemas cerrados para evitar derrames	Consumo de agua y materias primas		■		■
OPERACIONES FINALES	Lavado	Reciclar el agua del proceso para lavar las latas	Consumo de agua			■	
		Lavadores con sistemas de recuperación de aceite	Consumo de materias primas			■	
		Eliminar el exceso de agua en el product final	Emisiones al agua				
	Esterilización	Aislamiento del sistema de esterilización	Consumo de combustible		■	■	
		Recuperación y reutilización de agua de refrigeración de la etapa de esterilización	Emisiones al agua		■	■	■
	Lavado y secado	Uso de lavadoras con recirculación de agua	Consumo de agua			■	
	Congelado y refrigeración	Evitar el uso de sustancias que agotan el ozono, como refrigerantes halogenados	Emisiones al aire				
		Optimizar el acondicionamiento de aire y las temperaturas de almacenamiento en frío	Consumo de energía				
		Descongelar regularmente el sistema completo					
		Disminuir la temperatura de condensación					
		Descongelado automático de los evaporadores de enfriamiento en almacenamiento en frío					
	Embalaje	Optimización del diseño de embalajes para reducir la cantidad	Consumo de materiales Generación de residuos	■	■		
		Recogida separada de material de embalaje	Generación de residuos				
OPERAC. AUXILIARES	Gestión de emisiones al aire	Aplicar y mantener una estrategia de control de emisiones al aire	Olores y emisiones al aire		■		
		Recogida de gases residuales, olores y polvo en la fuente y enviar por conducción al tratamiento o técnica de eliminación					

ETAPA DEL PROCESO		TÉCNICAS A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACIÓN DE MTD	ASPECTOS AMBIENTALES PRINCIPALES	A	B	C	D
	Gestión de aguas residuales	Segregación de corrientes de agua para optimizar la reutilización y el tratamiento	Emisiones al agua y generación de aguas residuales				
		Colocar un filtro de sólidos	Emisiones al agua				
		Eliminar grasa usando una trampa de grasas					
		Aplicación de tratamiento biológico					
	Gestión de residuos	Segregar salidas, optimizar el uso, reutilización, recuperación, reciclado y eliminación	Aguas residuales y generación de residuos				
	Limpieza	Eliminar los residuos de materia prima tan pronto sea possible y limpiar las áreas de almacenamiento frecuentemente	Olores				
		Limpieza en seco de equipos e instalaciones	Consumo de agua y Emisiones al agua				
		Minimizar el uso de agua, energía y detergentes	Consumo de agua, energía y materiales Emisiones al agua				
		Seleccionar y utilizar agentes de limpieza y desinfectantes que causen el mínimo daño al medio ambiente y proporcionen un control de higiene efectivo	Emisiones al agua				
		Instalación de filtros de sólidos	Consumo de agua				
		Transporte en seco de grasas, vísceras, piel y otros restos mediante cintas transportadoras	Emisiones al agua				
		Transporte y eliminación a vacío de grasas y vísceras					
		Limpieza a alta presión	Consumo de agua				
		Utilizar llaves/válvulas de apertura/cierre automático					
		Recuperación de aceites del agua de proceso para su uso como combustible	Emisiones al agua				
		Recuperación de agua de refrigeración en autoclaves	Consumo de agua				

ETAPA DEL PROCESO		TÉCNICAS A CONSIDERAR PARA LA DETERMINACIÓN DE MTD	ASPECTOS AMBIENTALES PRINCIPALES	A	B	C	D
	Mantenimiento de instalaciones		Reducción de residuos y emisiones Consumo de agua		■	■	
	Calderas y calentamiento	Generación combinada de calor y trabajo (cogeneración -*CHP*-)	Consumo energético			■	
		Recuperación de calor de los gases de combustión	Contaminación térmica			■	
		Recuperación de efluentes condensados	Consumo de combustible		■	■	
		Aislamiento del sistema de distribución de vapor			■		■
		Uso de biogas como combustibles					
		Uso de gas natural	Emisiones al aire				

Cada planta considerada ha sido evaluada para identificar las MTD ya implementadas. El grado general de implementación de estas técnicas es bastante bajo, ya que ninguna de las instalaciones consideradas ha implementado ni la mitad de las técnicas disponibles. La planta C es la que ha implementado más técnicas (25), seguida por la planta B, que ha implementado 22, y las plantas D y A, que han implementado 16 y 12 técnicas respectivamente.

Ninguna de las plantas ha desarrollado ningún tipo de metodología para prevenir y minimizar el consumo de agua y energía y la producción de residuos. En consecuencia, sus tasas de consumo de recursos no están optimizadas y la generación de flujos residuales no se minimiza. Sin embargo, la mayoría de ellas mantienen inventarios de las entradas y salidas de sus procesos, de modo que se garantiza la trazabilidad de los diferentes flujos. Sin embargo, las técnicas relacionadas con la "gestión de recursos" (es decir, los recursos materiales y energéticos) tienen un grado de implementación bastante bajo, así como las técnicas relacionadas con la "gestión de actividades". Estas técnicas son especialmente relevantes cuando se considera el consumo de energía y, a pesar de la alta demanda de energía de algunos procesos y los beneficios que estas medidas pueden proporcionar (el aislamiento térmico puede reducir las pérdidas de calor en un 82-86% (CE, 2006), apenas han implementado una, o incluso ninguna, de estas técnicas.

Las técnicas relacionadas con “operaciones previas” tienen un grado de implementación ligeramente mayor, dependiendo de la etapa del proceso considerada. Estas plantas simplemente ignoran las técnicas de transporte y recepción, aunque han implementado algunas de las técnicas relacionadas con el almacenamiento de materias primas, que mejoran en gran medida la gestión de los recursos.

Todas las instalaciones consideradas realizan procesos de “descongelación”, por lo que es bastante relevante la falta de implementación de técnicas candidatas relacionadas. El consumo de agua se puede reducir mediante la implementación de cualquiera de estas técnicas, así como mediante la introducción de cualquiera de las técnicas de “descabezado, corte y evisceración”, que también están mal implementadas, aunque todas las instalaciones realizan dichos procesos.

Finalmente, al menos una de las técnicas de "lavado" disponibles se han implementado en 3 de las instalaciones

consideradas, lo que refleja el consumo de agua de la instalación, al menos con el consumo relacionado con las operaciones de lavado de materias primas.

El grado global de implementación de las técnicas de procesado es de 29,41%, siendo las técnicas de "cocción" las más implementadas. Esto no es sorprendente, dada la relevancia de la etapa de cocción en todo el proceso. Las plantas A y D son las que han implementado menos medidas, a pesar de la gran variedad de procesos que realizan. El grado de implementación en las otras plantas es bastante mejor, ya que han implementado suficientes técnicas relacionadas con la cocción, la mayoría de ellas con el objetivo de minimizar las emisiones al agua. Casi ninguna técnica relacionada con los otros procesos incluidos en la etapa de "procesado" ha sido implementadas. Solo las plantas B y D han implementado la técnica relativa a "enlatado", "sistemas cerrados para evitar derrames", lo cual es especialmente importante debido a la relevancia de dicho proceso en el sector considerado.

Las técnicas de "operaciones finales" tienen un grado de implementación aún menor, ya que dos de las plantas apenas han implementado 1 de las 13 técnicas, otra planta ha implementado 3 técnicas y la planta C es la que implementa más técnicas. Algunas de las técnicas implementadas tienen que ver con el lavado, bastante relevante debido a su impacto sobre el consumo de agua y las emisiones al agua. Sin embargo, la “congelación y refrigeración” también es una etapa relevante en la industria alimentaria, por lo que es bastante sorprendente cómo todas las plantas han obviado las técnicas relacionadas.

Todas las plantas han implementado la segregación del flujo de residuos, aunque el grado de implementación de las técnicas relacionadas con la gestión de las aguas residuales y las emisiones atmosféricas no es suficiente. Sin embargo, las técnicas relacionadas con las operaciones de limpieza y mantenimiento se han implementado ampliamente, ya que casi todas las plantas tienen programas para mejorar el mantenimiento de sus instalaciones, y todas han implementado al menos tres técnicas relacionadas con la limpieza, la mayoría de ellas enfocadas en reducir el consumo de agua y las emisiones al agua.

Finalmente, los procesos energéticos tales como calderas y el calentamiento tienen un bajo grado de implementación, ya que la C es la única planta que ha aplicado un número satisfactorio de

técnicas (50% de las técnicas propuestas), en contraste con la planta A que no ha aplicado ninguna.

3.9 EVALUACIÓN DEL GRADO DE IMPLANTACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE PCIC

De acuerdo con las emisiones al aire (Tabla 3.4) y agua (Tabla 3.5) calculadas, y con los datos de generación de residuos (Tabla 3.6), la planta B es claramente la que libera menos contaminantes, mientras que la planta A es, con mucho, la más contaminante de las plantas analizadas. Las plantas C y D liberan aproximadamente la misma cantidad de contaminantes (cantidad total, considerando las emisiones al aire, agua y desechos). Sin embargo, la planta D libera menos contaminantes al aire y al agua que la planta C, mientras que la planta C genera mucho menos desperdicio, ya que solo procesa 4,32% del molusco que procesa la planta D. Como el procesado de moluscos es una fuente importante de residuos, su procesado afecta en gran medida a la cantidad de desechos generados por una planta. La cantidad global de contaminantes liberados por tonelada de producto marino procesado es la misma para ambas plantas, aunque de una categoría diferente.

El grado de implementación de MTD no refleja exactamente estos resultados, ya que la planta C ha resultado ser la que implementa más técnicas (25), seguida de cerca por la planta B. Por otro lado, las plantas A y D tienen un grado realmente pobre de implementación de técnicas, siendo la planta A la que ha implementado menos técnicas, lo que se refleja en su desempeño ambiental.

La planta A está liberando 794,71 kg de contaminantes al aire por tonelada de alimentos marinos procesados, mucho más que las otras plantas. No sorprende, ya que esta planta no ha implementado ninguna técnica sobre emisiones atmosféricas. Ha implementado dos técnicas relacionadas con las emisiones al agua, que claramente no son suficientes, ya que sus emisiones al agua son bastante mayores que para el resto de las plantas. Con respecto a los residuos, solo genera 109,58 kg/t, que está por debajo de las plantas C y D. Hay 3 técnicas implementadas directamente en relación con los residuos. Es un grado de implementación bastante pobre, aunque las técnicas se implementan adecuadamente, ya que permitieron reducir la generación de residuos con respecto a otras plantas.

La planta B emite 62,70 kg de contaminantes al aire, 88,21 kg de contaminantes al agua y genera 17,28 kg de residuos, todos ellos referidos a una tonelada de producto marino procesado. En todos los casos, estos valores son mucho más bajos que para las otras plantas, aunque la planta B no es la que ha implementado más técnicas. En realidad, ha implementado 22 técnicas (menos que la planta C). Sin embargo, esta planta parece haber seleccionado un conjunto apropiado de técnicas que se han implementado adecuadamente. La mayoría de las técnicas actúan directamente sobre las emisiones al aire y al agua y la generación de residuos, lo que se refleja en el desempeño ambiental de la planta.

Aunque la planta C es la que aplica más técnicas (25), sus altas emisiones reflejan que no se han implementado adecuadamente o no fueron las más apropiadas. Genera más emisiones al aire y al agua que las plantas B y D, y una cantidad bastante grande de residuos. A pesar de haber implementado algunas técnicas sobre emisiones y generación de residuos, el funcionamiento ambiental no es lo suficientemente bueno. La mayoría de las técnicas implementadas se refieren al consumo de recursos y, aunque la planta C es la que procesa más materias primas, su consumo de agua y energía es demasiado mayor que para el resto de las plantas (Tabla 3.1)

El grado de implementación de MTD en la planta D es bastante pobre, ya que solo se han implantado 16 técnicas. Sin embargo, su desempeño ambiental es bastante bueno si se compara con las otras plantas, lo que refleja que, aunque son pocas, las técnicas se han seleccionado e implementado adecuadamente. La mayoría de las técnicas se refieren al consumo de recursos (la planta D es la única que informa el uso de agua de mar) y las emisiones al agua. El único valor realmente perturbador es la generación de residuos, justificada por la gran cantidad de mejillón procesado. Sin embargo, aunque es inquietante, el 91,20% de estos residuos se gestionan como un subproducto que se aprovecha en otros procesos. La reutilización de desechos es claramente una buena práctica ambiental que reduce la cantidad global de desechos generados por el proceso y también afecta el consumo de recursos en otros procesos.

3.10 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha analizado la aplicación de la política de PCIC en la industria gallega de conservas de pescado y marisco. Como

punto de partida, se ha analizado el proceso de envasado genérico de pescado y mariscos para identificar los posibles consumos y emisiones. Para su análisis se han seleccionado cuatro plantas genéricas en Galicia, todas ellas afectadas por la Directiva PCIC desde la primera fase, por lo que cuentan con una AAI, y todas se dedican como actividad principal al procesado y conserva de pescado y mariscos. Para cada planta se han calculado las emisiones al aire y al agua en función de los factores de emisión, y, en cuanto a la generación de residuos, estos se han inventariado utilizando datos públicos. Se ha aplicado el análisis de MTD para identificar las MTD ya implementadas en cada planta, de acuerdo con la información de la AAI.

Los resultados muestran que el grado de implementación de MTD es suficiente de acuerdo con la legislación siendo posible en todos los casos implementar más MTD candidatas. De las 98 MTD candidatas identificadas e incorporadas a un inventario actualizado para la actividad, las plantas caso de estudio tienen implementadas entre 12 y 25, dependiendo de la planta. A pesar de dicha implementación, algunas plantas, como la B y la D, muestran un comportamiento ambiental bastante bueno, lo que refleja una buena selección de MTD y una implementación adecuada. Por otro lado, la planta C refleja a pesar de ser la que ha implementado más técnicas, sus emisiones son mayores que las del resto, lo que indica un funcionamiento ambiental poco optimizado. Esto puede deberse a una selección inadecuada de técnicas o a una implementación inadecuada. El bajo grado de implementación de MTD en la planta A se refleja claramente en su comportamiento ambiental, ya que es la que libera más cantidad de contaminantes y tiene menos técnicas implementadas.

En términos generales, se puede concluir que el grado de implementación de las MTD candidatas en las plantas de conservas de pescado y mariscos consideradas es aceptable pero puede mejorarse, incluso optimizarse. Se observa una deficiencia en la implementación de técnicas relacionadas con la gestión del proceso. Estas técnicas afectan mucho al consumo de materiales y energía, que no está optimizado en ninguna planta. Por otro lado, las técnicas relativas a las operaciones previas, que son una fuente potencial importante de olores, aguas residuales y residuos, están implementadas de forma inapropiada. Las plantas olvidan técnicas tan importantes como las que se pueden aplicar en las etapas de

recepción, descongelación, descabezado, corte y evisceración, que tienen un gran impacto sobre el funcionamiento ambiental.

Debido al grado de implementación de las MTD candidatas, el trabajo futuro debería orientarse en identificar las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD. Se debe identificar el foco principal de contaminantes para cada uno de ellos, de modo que se pueda recomendar e implementar una MTD adecuada. Por otro lado, también debe analizarse si las técnicas ya implementadas son las adecuadas o si funcionan correctamente. Una evaluación previa a la implementación de las técnicas, de los flujos potencialmente mejorables en la planta daría lugar a una implementación óptima, y una implementación y mantenimiento adecuado de las mismas mejoraría el funcionamiento ambiental. En consecuencia, se podrían proponer medidas correctivas y se podría mejorar el comportamiento ambiental de las plantas. Estos análisis podrían aplicarse al resto del sector, optimizando el funcionamiento ambiental global de un sector tan relevante para la economía gallega.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

4 INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DE LA LECHE

Este capítulo es una reproducción de las siguientes publicaciones derivadas de la investigación desarrollada por la doctoranda durante su etapa de formación de doctorado:

- Título: *Integrated environmental permit through Best Available Techniques: Evaluation of the dairy industry*
- Autores: E.R. Torres López, R. Doval Leira, M. Galera Martínez, P.M. Bello Bugallo
- Editorial: Elsevier
- Revista: Journal of Cleaner Production
- ISSN: 0959-6526 eISSN: 1879-1786
- Factor de impacto de la revista (2017): 5,651
- Año de publicación: 2017
- Posición relativa en la categoría a la que pertenece:
  · Green & Sustainable Science & Technology—SCIE 6/33 (2017)
  · Engineering, Environmental—SCIE 7/50 (2017)
  · Environmental Sciences—SCIE 21/242 (2017)
- Número de veces citado: 4 en la colección principal de WOS
- Contribución de la doctoranda: desarrollo de la investigación y escritura del paper.
- Autorización de la revista/editorial para el uso de la publicación en la tesis de doctorado: en el URL https://www.elsevier.com/about/policies/copyright/permissions, aparece la política de permisos. En ella el autor de una publicación en la editorial tiene permiso para utilizarla tanto en el documento de tesis como en la defensa como se indica a continuación en inglés (transcrito exactamente de dicha URL):
  · *Can I use material from my Elsevier journal article within my thesis/dissertation? As an Elsevier journal author, you have the right to Include the article in a thesis or dissertation (provided that this is not to be published commercially) whether in full or in part, subject to proper acknowledgment; see the Copyright page for more information. No written permission from Elsevier is necessary. This right extends to the posting of your thesis to your university's repository provided that if you include the published journal article, it is embedded in your thesis and not separately downloadable.*
  · *Can I include/use my article in my thesis/dissertation? Yes. Authors can include their articles in full or in part in a thesis or dissertation for non-commercial purposes.*

4.1 RESUMEN

Galicia fue el primer productor nacional de leche con tasas de producción que oscilan entre 25,7% y 39,1%, del total de leche producida en España entre 2001 y 2014. La industria láctea es una de las actividades alimentarias más importantes en esta región; solo la industria de procesado de pescado (datos de 2014) la sobrepasa a su facturación anual.

La investigación relacionada con la sostenibilidad en este sector ha demostrado que la agricultura es el proceso más contaminante asociado con el ciclo de vida. Sin embargo, no se puede omitir la prevención y el control de las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo, así como la generación de residuos derivados del proceso industrial. Este es el objetivo de la Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales (PCIC). Las actividades industriales incluidas en su Anexo I (como la industria láctea) deben, entre otros, implementar las MTD, para lograr un alto nivel de protección del medio ambiente en su conjunto.

En este capítulo se analiza el grado de implementación de la Directiva PCIC en la industria láctea de Galicia, seleccionando 5 instalaciones de dicho sector en el marco de esta. La metodología utilizada se propuso previamente en el capítulo anterior y se aplicó para su validación en la industria de conservas de pescado y mariscos. El comportamiento ambiental de estas plantas se analizó utilizando, entre otros, las primeras AAI y teniendo en cuenta las últimas modificaciones publicadas en el diario oficial, como fuente de información sobre el grado de implementación de las MTD y los niveles de emisión asociados. Los resultados dan un inventario actualizado de MTD para la industria láctea, la comparación entre plantas, el número de MTD implementadas, las emisiones y el funcionamiento ambiental general de cada planta.

Las principales conclusiones indican que el grado de implementación de MTD es, en general, bastante pobre, especialmente aquellos relacionados con la gestión de residuos. Las 2 plantas "teóricamente" con el mayor número de MTD implementadas son las

más contaminantes (teniendo en cuenta las emisiones). La razón no es que las MTD no sean efectivas, sino que cada planta tiene sus particularidades (edad, tipo de combustible utilizado, etc.) y, por lo tanto, cada una tiene sus propias necesidades desde un punto de vista ambiental. Por lo tanto, esto indica que las MTD deberían ser seleccionadas para los flujos más contaminantes, los denominados Flujos Mejorables (FM). Estos FM deben identificarse previamente con herramientas adecuadas, seguidos de la selección de las MTD apropiadas de un inventario actualizado. Este análisis podría extrapolarse y aplicarse al resto de las instalaciones de este sector.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

4.2 INTRODUCCIÓN

El Anexo I de la Directiva de PCIC reúne una gran variedad de actividades industriales, incluida la industria láctea, como se indica en el epígrafe 6.4 (c) "Tratamiento y procesamiento de leche solamente, la cantidad de leche recibida es superior a 200 t/d (valor promedio en una base anual)". El primer *BREF* de la industria de productos alimenticios, bebidas y leche, que incluye la industria láctea se publicó en 2006 (CE, 2006). Actualmente existe ya una revisión/actualización desde su publicación en 2019 (UE, 2019)

Varios estudios han demostrado que la agricultura es el proceso más contaminante asociado con el ciclo de vida de la actividad lechera (Berlin et al., 2008; Djekic et al., 2014; González García et al., 2013a; Lorenzo, 2015). «La producción de alimentos (principalmente forraje) y las emisiones en la granja derivadas de la fermentación entérica y el manejo del estiércol fueron las actividades agrícolas que más contribuyeron" (González García et al., 2013b). La actividad de las fábricas de productos lácteos es un proceso potencialmente contaminante, donde las emisiones de agua son las más relevantes, por lo tanto, deben aplicarse medidas de prevención y control de la contaminación.

A continuación se ofrece una visión general de la industria láctea, incluida la clasificación y caracterización del sector industrial en la comunidad autónoma, teniendo en cuenta los aspectos de calidad del producto.

4.2.1 La industria láctea

La industria láctea está incluida en la industria alimentaria por el CNAE 2009 (Clasificación Nacional de Actividades Económicas). La industria alimentaria se corresponde con la división 10 y la industria láctea pertenece a la clase 10.52 "Elaboración de helados", 10.53 "Elaboración de quesos" y 10.54 "Preparación de leche y otros productos lácteos" (Gobierno de España, 2007c).

Las instalaciones lácteas pueden especializarse en un solo producto, como leche, queso, helado o mantequilla, o pueden ser polivalentes.

La industria alimentaria es el segundo sector más amplio de la industria manufacturera europea, con el 16,1% de la cuota de mercado y el 14,6% de la facturación total de la fabricación (FoodDrink Europe, 2013). Es el sector manufacturero más amplio también de España, con el 22% de la cuota de mercado, con ventas netas de más de 91903 millones de euros en 2013 (FIAB, 2016)

En España, el sector lácteo es estratégico desde el punto de vista económico y social. Las industrias lácteas generan más de 9500 millones de euros al año de volumen de negocio, que equivale a un porcentaje del 2% de la producción industrial de todo el país, y emplea a más de 30 mil personas (datos de 2019) (FENIL, 2020). En 2012, los productos lácteos crudos más importantes fueron la leche procesada, la nata y la leche condensada, ya que representaban el 54% de la producción total en España (FENIL, 2012). En el año 2019, 21700 ganaderos produjeron leche con la siguiente distribución por especie: 61% leche de vaca, 23% leche de cabra y 16% leche de oveja. En España hay más de 1500 centros autorizados para la recogida y transformación de leche, de las que 600 podrían considerarse industrias lácteas propiamente dichas (FENIL, 2020)

Dentro de la industria alimentaria, la industria láctea es una industria en crecimiento. Esta evolución está respaldada por los datos: de las 22 plantas de fabricación de mantequilla y una producción de 2410,4 millones de litros de leche en 1952, a las 1539 plantas de fabricación y una producción de 7309,156 millones de litros de leche en 2012 (INE, 2017). El primer plan de la oficina central de productos lácteos se elaboró en 1952. Este plan establece centros dedicados al procesado (tratamiento y envasado) y la distribución de leche para las ciudades con más de 25000 habitantes. Las plantas se caracterizan por tratar principalmente un tipo de leche origen (vaca, oveja o cabra) (Tabla 4.1)

Tabla 4.1. Evolución de la distribución de producción de leche en España

Año	Vacas	Ovejas	Cabras	Fuente
2013	82,0%	7,8%	6,2%	MAGRAMA, 2017
2019	88,1%	6,1%	5,8%	MAPA, 2020

4.2.2 Industria láctea en Galicia

Desde 2001, Galicia ha sido el productor de leche más importante de España, ya que es tradicionalmente el primer productor nacional de leche con tasas de producción que oscilaban entre el 22,7% y el 32,7% del total de la leche producida en España entre 2001 y 2008 (INE, 2017), mientras que de 2009 a 2019 oscilaron entre 38,0% y 39,4% (MAPA, 2020). Además, la industria láctea es una de las industrias alimentarias más importantes de Galicia, ya que solo la industria de conservas precede a su facturación anual (MAGRAMA, 2017). La industria láctea produjo más de 2500000 t de leche por año, solo limitada por la cuota de leche (INE, 2017), que supone el 37% de la producción nacional (dato de 2013), mientras que en 2019 la producción fue de más de 2800000 t de leche, que representaba el 38,9% de la producción nacional (MAPA, 2020)

La industria láctea gallega está claramente dividida en dos clases diferentes:

- Plantas en áreas rurales, usualmente terrenos pequeños y atomizados que carecen de servicios básicos.
- Plantas ubicadas en parques industriales, con infraestructuras y servicios adecuados.

Gracias al desarrollo de las zonas rurales, se han mejorado las plantas rurales pequeñas en los últimos años. Actualmente, la mayoría de ellas están equipadas con las infraestructuras y servicios requeridos. La Figura 4.1 muestra la producción de la industria láctea en España por comunidades en 2013, mientras que la Figura 4.2 representa lo mismo para 2019.

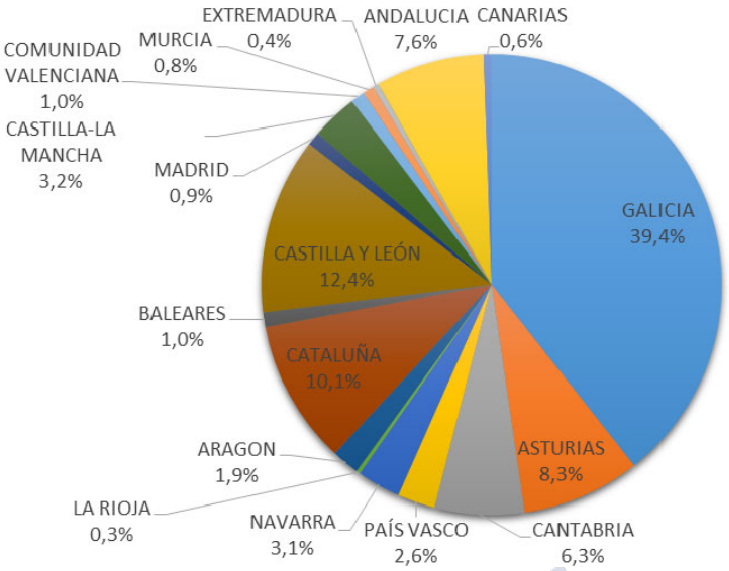


Figura 4.1. Producción de la industria láctea en España en 2013 (MAGRAMA, 2017)

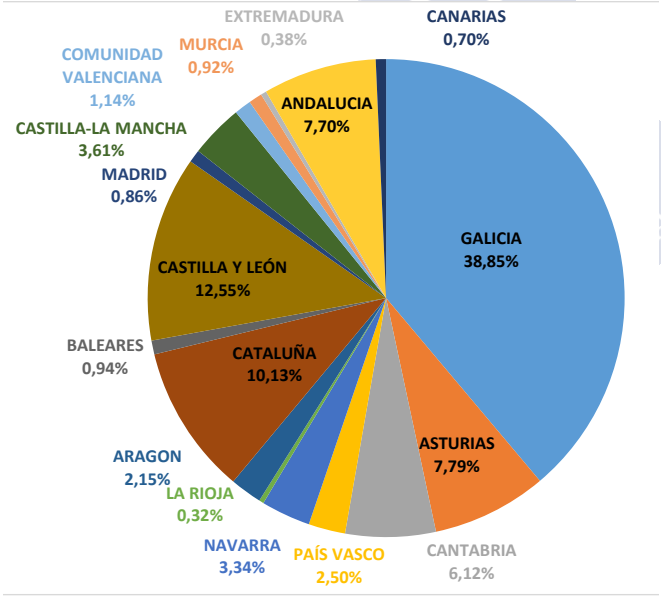


Figura 4.2. Producción de la industria láctea en España en 2019 (MAPA, 2020)

4.2.3 La calidad en las industrias lácteas

Groover (2007) define la calidad como el "grado de excelencia que tiene una cosa" o "las características que hacen que algo sea lo que es", sus elementos y atributos característicos. No coinciden con las opiniones de los principales expertos: Crosby (1999) define la calidad como "el cumplimiento de los requisitos"; Juran indica que es "la aptitud para el uso" y "la calidad es la satisfacción del cliente" (Juran y Gryna, 1993); la *American Society for Quality* (ASQ) define la calidad como "todas las características de un producto o servicio que respalda su capacidad para satisfacer necesidades específicas" (Evans y Linsay, 2005)

Nahmias (2007) explica que la calidad puede entenderse como el cumplimiento de las especificaciones y, como parte de la industria, la calidad determina el éxito de las instalaciones. Esto significa que los consumidores no solo prestan atención a los precios, sino también a la calidad de los productos lácteos.

Como parte del aseguramiento de la calidad, tanto el Gobierno español como la Unión Europea han elaborado estándares de calidad (normas) para cada producto lácteo, que determinan los parámetros que garantizan la calidad de los mismos:

- Creación de los Mercados de la Organización Conjunta para los productos agrícolas (UE, 2013)
- Código Alimentario Español (Gobierno de España, 1967)
- Norma de calidad de la leche en polvo (Gobierno de España, 2003b)
- Norma de calidad de la cuajada y requesón (Gobierno de España, 2007d)
- Norma de calidad de la mantequilla (Gobierno de España, 2009).
- Norma de calidad del queso (Gobierno de España, 2006)
- Norma de calidad del yogur (Gobierno de España, 2014)
- Norma de calidad del helado (Gobierno de España, 1998)
- Norma de calidad para la leche concentrada (Gobierno de España, 1983a)
- Norma de calidad de la nata (Gobierno de España, 1983b)

Las normas de calidad anteriores especifican algunos parámetros biológicos y fisicoquímicos relacionados con los productos lácteos. Para certificar el sistema de gestión de calidad de la instalación, la industria láctea generalmente aplica la norma UNE EN ISO 9001 (ISO, 2017). También hay una norma específica para laboratorios, UNE EN ISO 17025 (ISO, 2017) que garantiza el sistema de calidad de un laboratorio y sus métodos. La importancia de este último es que los laboratorios de la industria deben garantizar los estándares de calidad de los productos lácteos. Para regular los métodos analíticos que se utilizarán en los laboratorios, se establece un Comité Técnico de Normalización, que en este sector es el ISO/TC 34 Productos alimenticios (ISO, 2017). Los parámetros fisicoquímicos de los productos lácteos que deben analizarse para cada producto, recogidos de los estándares de calidad, se enumeran en la Tabla 4.2. Para relacionar la calidad del producto con las emisiones en los casos de estudio, se utilizan los datos de la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU, 2017). La información se obtiene de la página web de la OCU, que ha actualizado en 2014 la información del informe completo en 2011 (OCU, 2017).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4.2. Parámetros fisicoquímicos de los productos lácteos

PRODUCTO LÁCTEO PARÁMETRO A ANALIZAR		LÍMITE CUANTIFICADO Materia grasa	Lactosa	Proteína	Cenizas	Contenido en materia seca[1]	Acidez[2]	Impurezas Macroscópicas[3]	Humedad	FUENTES
LECHE	Leche cruda	3 %p	4,2 %p	3,2 %p	0,65 %p	8,2 %p	0,2 g/100 ml de leche	Grado 1	-	UE, 2013a
	Leche desnatada	≤1 %p	4,2 %p	3,2 %p	0,65 %p	8,2 %p	0,19 g/100 ml de leche	Máximo Grado 0	-	
	Lecha semidesnatada	≥1 %p	4,2 %p	3,2 %p	0,65 %p	8,2 %p	0,19g/100 ml de leche	Máximo Grado 0	-	
	Leche evaporada	7,5 %p	-	-	--	≥20,5 %p	-	Grado 0	-	Gobierno de España, 2003b
	Leche condensada	≥8 %p	-	-	-	≥22%p (sin azúcar)	-	Grado 0	-	Gobierno de España, 2013c
	Leche en polvo	-	-	-	-	-	≤1,45%p o ≤1,85%p para leche desnatada (como ácido láctico)	Ausencia	≤5 % w	Gobierno de España, 2003b

	LÍMITE CUANTIFICADO							
NATA	Materia grasa	Azúcares totales	Contenido en materia seca	Acidez[4]	Impurezas macroscópicas	Índice de refracción (a 40 ºC)	Humedad	
Nataa	≥12 %	≤15 %	8,2 %	≤0,25 % (excepto nata acidificada, 0,65 %)	Grado 0	1,4546-1,4557	-	Gobierno de

PRODUCTO LÁCTEO PARÁMETRO A ANALIZAR	LÍMITE CUANTIFICADO Materia grasa	Lactosa	Proteína	Cenizas	Contenido en materia seca[1]	Acidez[2]	Impurezas Macroscópicas[3]	Humedad		FUENTES
	Nata en polvo	≥65 % (entre 65-50 % crema en polvo ligera)	-	≤1,45 %	Da la fórmula: 1,874-0,0183 G donde G es el porcentaje de materia grasa	Ausencia	1,4540-1,4557		≤5 %	España, 1983b
QUESO	**LÍMITE CUANTIFICADO**									
	Contenido en materia seca de acuerto con el tipo de queso									Gobierno de España, 2006
	Muy graso				Graso		Parcialmente graso	Parcialmente desnatado		
	≥60 %				45-60 %		25-45 %	≤10 %		
HELADOS	**LÍMITE CUANTIFICADO**									
	Contenido en materia (mínimo)									Gobierno de España, 1998
	Helado de nata	Helado de leche			Helado de leche desnatada		Helado	Sorbete	Sorbete de fruta	
	8 %	2,5 %			0,30 %		5 %	-	15 % (de frutas)	
	Contenido en proteína exclusivamente de origen lácteo (mínimo)									
	Helado de nata	Helado de leche			Helado de leche desnatada		Helado	Sorbete	Sorbete de fruta	

PRODUCTO LÁCTEO PARÁMETRO A ANALIZAR	LÍMITE CUANTIFICADO Materia grasa	Lactosa	Proteína	Cenizas	Contenido en materia seca[1]	Acidez[2]	Impurezas Macroscópicas[3]	Humedad		FUENTES
	2,5 %	-			-		100 %	-	-	
	Contenido de materia grasa láctea (mínimo)									
	Helado de nata	Helado de leche			Helado de leche desnatada		Helado	Sorbete	Sorbete de fruta	
	-	6 %			6 %		-	12 %	20 %	
MANTEQUILLA	**LÍMITE CUANTIFICADO**									
	Contenido de materia grasa láctea				Contenido en agua		Contenido en materia seca láctea			Gobierno de España, 2009; UE, 2013a
	80-90 %				≤16 %		≤2 %			
YOGUR	**LÍMITE CUANTIFICADO**									
	pH			Materia grasa		Contenido en materia seca	Cantidad minima de yogur para el yogur con frutas, zumos y/o otros alimentos		Cantidad minima de yogur de yogur en el yogurt aromatizado	Gobierno de España, 2014
	≤4,6			2-0,5 %		8,5 %	70 %		80 %	

Calculado como E=8,45 + 0,92 G donde E es igual al procentaje de sólidos totales en peso y G es el procentaje en peso de grasa
[2]Expresado como ácido láctico
[3]Expresado en grados de la escala de impurezas
[4]Como ácido láctico

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

En este trabajo se adaptaron dos metodologías propuestas, validadas y utilizadas previamente (Barros et al. 2008, y Bello Bugallo et al. 2013), para analizar el sector industrial lácteo desde un punto de vista de la PCIC y estudiar el grado de implementación en Galicia, incluida la comparación de emisiones (la mayoría de ellas obtenidas por factores de emisión). Se determina el grado de implementación de MTD y su influencia en el enfoque general que utiliza la herramienta legal proporcionada por la Directiva PCIC, la AAI. Se incluye un nuevo punto en el análisis relacionado con los criterios de calidad, como un aspecto muy relevante para las industrias de alimentos y bebidas como los lácteos.

El objetivo de este capítulo es el análisis de la actividad de procesado de productos lácteos, siguiendo el enfoque de la PCIC. En este marco, este trabajo tiene como objetivo analizar el grado de implementación de la Directiva PCIC en la industria láctea de Galicia y compara las emisiones calculadas en función de los factores de emisión, considerando las MTD implementadas y el impacto de su implementación desde hace más de una década, cuando se aprobaron las primeras AAI. Esto se hace observando y comparando la influencia de las MTD implementadas en el comportamiento ambiental general de las instalaciones. Los aspectos de calidad que pueden influir en la PCIC para el sector también se incluyen en este capítulo.

4.3 METODOLOGÍA

Este capítulo utiliza un procedimiento para analizar el grado de implementación de la política de la PCIC en la industria láctea sobre la base de las emisiones de contaminantes y la aplicación de las MTD. Los pasos desarrollados en el trabajo se describen a continuación (ver Figura 4.3)

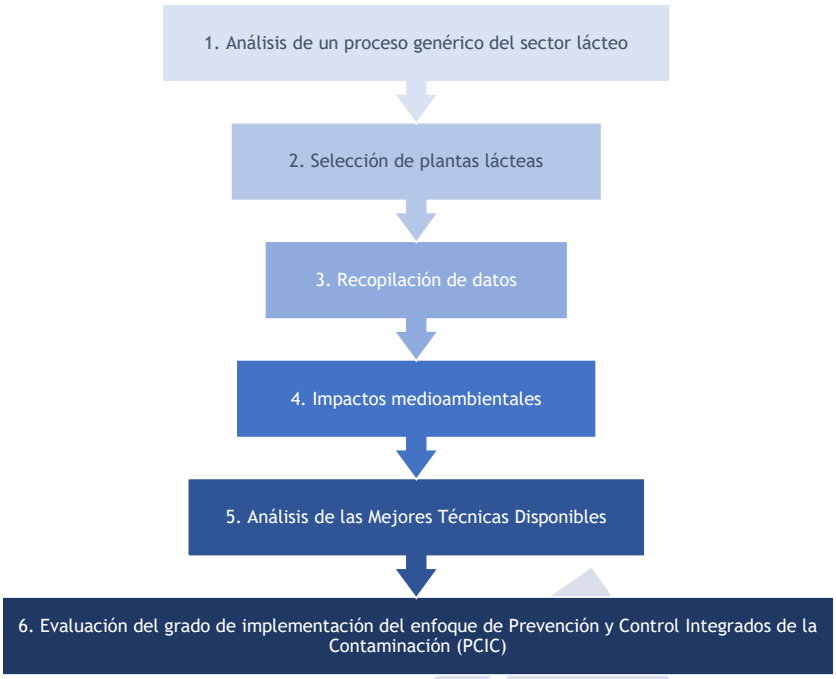


Figura 4.3. Diagrama de flujo de la metodología aplicada

1) Análisis de un proceso genérico del sector lácteo. Se realiza un análisis de un proceso industrial genérico de transformación de productos lácteos, donde se identifican, clasifican y describen en un diagrama de flujo las etapas típicas del mismo. Este diagrama de flujo incluye, además de las etapas para cada producto lácteo, las entradas potenciales (consumos que incluyen materias primas, materias auxiliares y energía) y salidas (productos, subproductos y emisiones). Estos estarán relacionados con los aspectos ambientales más relevantes para el sector.
2) Selección de plantas lácteas. Selección de plantas de referencia de la industria láctea gallega según criterios previamente establecidos.
3) Recopilación de datos. Para recopilar información y datos específicos sobre las plantas seleccionadas se usan las AAI, entre otras fuentes.
4) Impactos medioambientales. Este punto incluye la evaluación de los impactos ambientales asociados a cada planta. Las emisiones al

aire y al agua (la mayoría de ellas se calculan sobre la base de factores de emisiones) y los residuos generados (datos recopilados de documentos públicos) se calculan utilizando diferentes métodos.

5) Análisis de las MTD. Se desarrolla un inventario completo de MTD candidatas para el sector, incluidas las nuevas técnicas que no están incluidas en los inventarios anteriores y en el último BREF publicado en 2019. Para la identificación de las técnicas candidatas del sector, éstas se analizan de acuerdo con el método utilizado y propuesto por Barros et al. (2007). Después de un análisis profundo del proceso considerado (desarrollando los puntos anteriores de la metodología), en este método se construye una ficha técnica para cada MTD candidata, incluidas las recomendaciones de la oficina europea de la PCIC. Finalmente, utilizando la información disponible sobre las AAI de las plantas seleccionadas, se identifican y analizan las técnicas implementadas.
6) Evaluación del grado de implementación del enfoque PCIC para cada planta teniendo en cuenta las emisiones calculadas y las técnicas ya implementadas.

4.4 ANÁLISIS DE UN PROCESO GENÉRICO DEL SECTOR LÁCTEO

4.4.1 Descripción del proceso

En esta sección, se describe el proceso tecnológico del procesado de leche y elaboración de productos lácteos que tienen lugar en una instalación genérica.

La leche cruda se define como «leche producida por la secreción de las glándulas mamarias de una o más vacas, ovejas, cabras o búfalos, que no se ha calentado a más de 40 ºC ni se ha sometido a ningún tratamiento que tenga un efecto equivalente» (CEE, 1992)

El proceso de fabricación de la leche y los productos lácteos consiste, en general, en el tratamiento previo de la leche cruda para proceder a su tratamiento o procesado térmico y operaciones finales.

«Los productos lácteos son aquellos productos derivados exclusivamente de la leche, aceptándose la adición de sustancias necesarias para su fabricación, siempre que estas sustancias no se utilicen para reemplazar en parte o en su totalidad a cualquier componente de la leche y productos lácteos compuestos, es decir,

productos de los cuales ninguna parte reemplaza o pretende reemplazar ningún componente de la leche y de la cual la leche o un producto lácteo es una parte esencial, ya sea en términos de cantidad o para la caracterización del producto» (CEE, 1992).

Los productos lácteos que se pueden hacer con leche se describirán en esta sección y son los siguientes:

- Leche y nata (pasteurizada, *UHT -Ultra High Temperature-* y esterilizada).
- Otros productos lácteos:
· Leche concentrada y leche en polvo (leche en conserva parcial o totalmente deshidratada).
· Mantequilla.
· Queso.
· Yogur.
· Helado.

En la Figura 4.4, se describen las diferentes operaciones realizadas en cada una de las etapas generales anteriormente mencionadas para los diversos tipos de productos lácteos. Estos procesos de producción difieren entre sí en función del producto a producir, aunque existe un proceso general que puede dividirse en las cuatro etapas expuestas: operaciones previas, procesado, posprocesado, operaciones auxiliares.

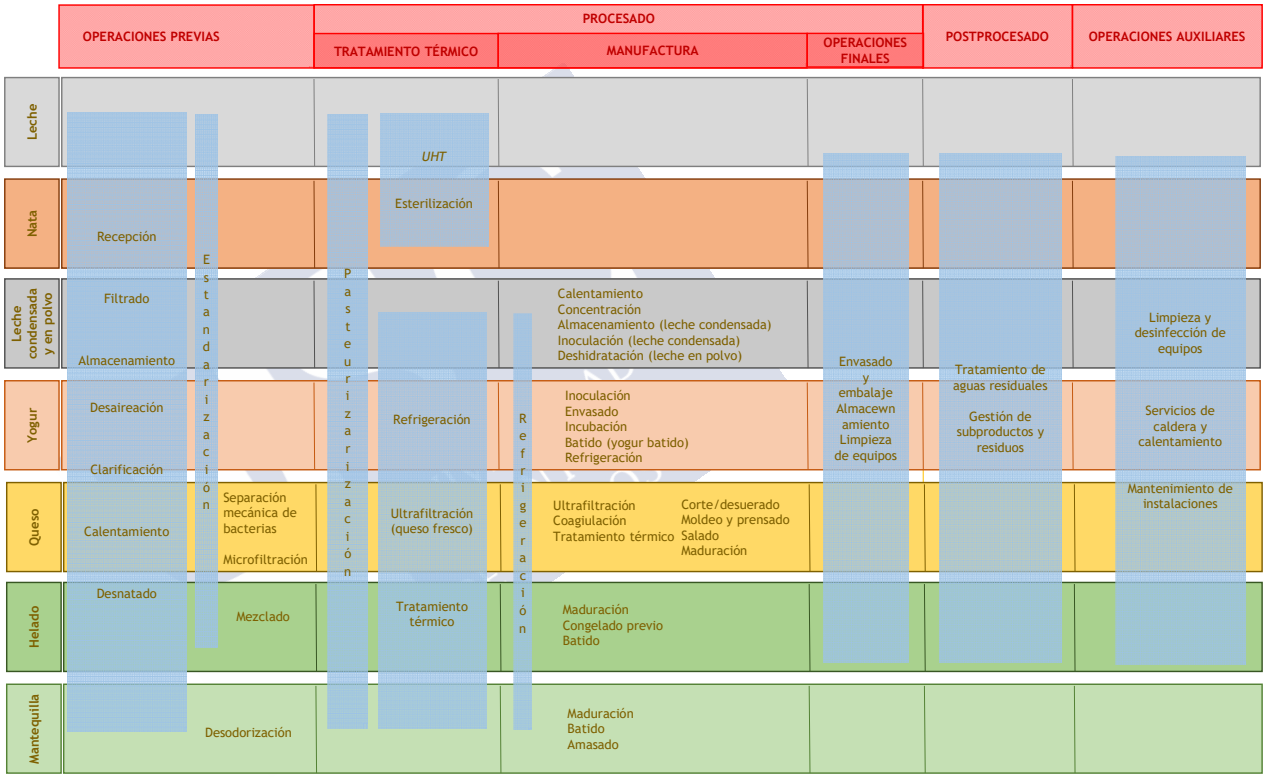


Figura 4.4. Etapas generales del proceso productivo de la industria láctea

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

4.4.1.1 Operaciones previas

Todas las etapas de las operaciones previas son comunes a la fabricación de cualquier producto lácteo. Estas etapas se explican en detalle a continuación.

- Recepción. La leche se transporta a la instalación en contenedores cilíndricos (tambores) o en camiones cisterna después de mantenerla en un tanque de leche a granel en la granja. Estos tanques pueden ser de acero inoxidable, aluminio o plástico. En la recepción, se registra la cantidad de leche cruda. Cuando la materia prima se transporta en tambores, se pesan en una báscula. Si la leche se recibe en camiones cisterna, la cantidad se mide introduciendo una escala graduada y se transforma el volumen calculado en peso.
  La leche cruda se examina de forma rutinaria para detectar si es de baja calidad mediante el control del olor, la apariencia y la temperatura. Además, se toman muestras para control de calidad.
  Una vez realizada la selección de leche según sus características fisicoquímicas, se realiza la descarga automática y la macrofiltración para los diferentes tipos de leche (Roca Bordello, 2001; AINIA, 2000)
- Filtración. El proceso de filtración tiene como objetivo la retención de partículas gruesas. Estos filtros están dentro de los conductos que llevan la leche a los silos de almacenamiento (Early, 2000).
- Almacenamiento. La leche cruda se almacena en refrigeración (<4 ° C) hasta que entra en el proceso de fabricación. De esta manera, la conservación de la leche está garantizada para un tratamiento posterior. Es posible almacenar la leche por uno o dos días más sin ningún tratamiento. En general, el agua fría se utiliza como fluido de enfriamiento para disminuir la temperatura de la leche (Walstra et al., 2001; Korsström & Lampi, 2002)
- Desaireación. Esta operación es necesaria cuando el porcentaje de aire en la leche cruda es alto. A veces, debido a los pasos de recepción y almacenamiento, el contenido de aire puede alcanzar el 10% del volumen total. Este paso se realiza en un tanque a presión atmosférica, y solo en algunos casos se realiza antes de la esterilización con equipo de vacío (AINIA, 2000)

- Clarificación. El propósito de la clarificación es la eliminación de partículas orgánicas e inorgánicas y aglomerados de proteínas. Este paso lo llevan a cabo equipos de separación centrífuga, es decir, la diferencia entre las densidades de la fase acuosa y las partículas insolubles en grasa que pueden contener leche (Early, 2000).
- Calentamiento. Consiste en calentar la leche cruda durante al menos 15 segundos a una temperatura entre 57-68 °C. El propósito de este tratamiento térmico es prolongar la vida útil de la leche antes de someterse a la pasteurización u otros tratamientos más severos. La leche debe someterse a este tratamiento lo antes posible después de llegar a la instalación (Early, 2000;)
- Desnatado. El objetivo es la separación de la grasa parcial o total de la leche por separación centrífuga (AINIA, 2000)
- Estandarización. La estandarización de la leche o la nata se realiza para ajustar su contenido de grasa, ya sea agregando nata a la leche desnatada, o agregando leche a la nata obtenida en la etapa anterior en diferentes proporciones en función del tipo de leche, crema o producto lácteo a elaborar. La preparación de la leche de consumo se clasifica como se muestra en la Tabla 4.2. Parámetros fisicoquímicos de los productos lácteos.

Tabla 4.3. Contenido en grasa de diferentes tipos de leche

Tipo de leche	Contenido en grasa[1] [g/100 g]	[%]
Entera	3,9	3,5-4,0
Semidesnatada	1,6	1,5-1,8
Desnatada	0,1	≤0,5

Referido a leche procesada

El proceso de fabricación de la nata se clasifica según el contenido de grasa (Gobierno de España, 1983b) como un porcentaje en peso de grasa del producto final:

- Nata doble. Es nata que contiene al menos 50% de grasa.
- Nata. Es nata que contiene al menos el 30% de grasa y menos del 50%.
- Nata ligera. Nata que contiene al menos 12% de grasa y menos de 30%.

Las etapas se describen a continuación más en detalle.

- Desodorización (mantequilla). La nata que se utilizará en la fabricación de mantequilla debe desodorizarse, ya que las sustancias aromáticas presentes en la grasa pueden transmitir olores extraños al producto final. Para aumentar la efectividad del proceso, la nata se precalienta con intercambiadores de calor indirectos de placas o tubos. Además, este proceso reduce también la oxidación de los ácidos grasos y el crecimiento de microorganismos aeróbicos indeseables (AINIA, 2000)
- Separación mecánica de las bacterias: microfiltración (queso). Las bacterias se pueden reducir mediante un proceso especial de centrifugación (*bactofuge*). Este proceso se utiliza principalmente en el proceso de fabricación de queso (Walstra et al., 2001; Korsström & Lampi, 2001)
- Mezcla (helado). En esta etapa, se agregan el azúcar y los aditivos, que generalmente son emulsionantes, estabilizantes, saborizantes y colorantes. La mezcla varía según los ingredientes que se pueden encontrar en líquido o en polvo (Walstra et al., 2001; Early, 2000)

4.4.1.2 Procesado

En la etapa de procesado tienen lugar las siguientes operaciones:

- Tratamiento térmico. Este tratamiento se utiliza para eliminar microorganismos en la leche o nata y para inactivar las enzimas presentes en los productos lácteos. Las tres operaciones fundamentales en el tratamiento térmico de la leche son la pasteurización, el tratamiento UHT y la esterilización. La homogeneización se puede realizar para prevenir la separación de la nata, para obtener una mejor estabilidad, para prevenir la coalescencia parcial y para crear características reológicas específicas. Desde el punto de vista nutricional, la esterilización da lugar a una leche más pobre que los otros dos tratamientos.
- Manufactura. En esta etapa, se desarrollan las operaciones necesarias para los diferentes tipos de productos lácteos: leche fortificada (leche pasteurizada enriquecida con uno o más nutrientes esenciales como vitaminas A y D), leche condensada, leche en polvo, mantequilla, queso, yogur y helado. Por ejemplo, la

leche en polvo necesita deshidratación para eliminar el agua de la leche. Otro ejemplo es la adición de suplementos nutricionales para preparar la leche fortificada.

- Operaciones finales. En esta etapa, se producen las operaciones finales de embalaje, almacenamiento y refrigeración. Los objetivos del embalaje y almacenamiento son principalmente: la protección del producto contra agentes externos; la separación del producto en unidades fáciles de manejar durante el almacenamiento, transporte y consumo; la garantía de cierta cantidad de producto, y proporcionar información sobre el producto y su origen.

4.4.1.3 Post-procesado

En esta fase, es común para la producción de cualquier producto lácteo, el tratamiento de aguas residuales y la gestión de residuos y subproductos. Las aguas residuales generadas en la industria láctea varían en volumen, composición y concentración según el plan de producción, los métodos de operación y el diseño de la planta de proceso. Las características más importantes son las altas variaciones de flujo, el pH variable, la deficiencia de nitrógeno y los altos niveles de fósforo. Los subproductos producidos son, en su mayoría, residuos orgánicos generados en las operaciones de producción de clarificación, desnatado, filtración, tratamiento térmico, elaboración de productos y empaque. Se tratan dentro o fuera de la instalación para usarlos como fertilizante o material de relleno sanitario.

4.4.1.4 Operaciones auxiliares

En esta etapa, también común para la fabricación de cualquier producto lácteo, se realiza la limpieza y desinfección del equipo y se realiza el mantenimiento de la instalación. El propósito de la limpieza es obtener una eliminación total de todos los materiales que se pueden usar como sustrato para el cultivo de microorganismos y eliminar los depósitos formados que reducen la eficiencia del equipo. El método preferido es la limpieza *in situ* más conocida como limpieza *CIP* (C*lean In Place*), cuyos pasos son el enjuague previo con agua fría, las etapas de limpieza (el método más común es enjuagar con un álcali seguido de enjuague con ácido) y enjuagar con agua limpia. El

propósito de la desinfección es destruir los microorganismos de las superficies para evitar la contaminación del producto durante la elaboración y el envasado. La mayoría de los microorganismos se eliminan durante la limpieza. Algunos agentes de limpieza como los álcalis fuertes y las soluciones de nítrico ya ejercen una acción desinfectante. Para desinfectar las superficies se utiliza calor que se proporciona mediante agua caliente o vapor, o agentes químicos como el hipoclorito de sodio (NaOCl). El objetivo del mantenimiento de las instalaciones es garantizar el correcto funcionamiento de todos los equipos e instalaciones y reparar las averías rápidamente.

4.4.2 Entradas y salidas principales del proceso

Los aspectos ambientales principales vinculados a la actividad láctea son el consumo de leche cruda, las aguas residuales orgánicas, el consumo energético necesarios para la refrigeración y para calentar el agua.

4.4.2.1 Entradas

A continuación se indican las entradas características de un proceso en una instalación de transformación de la leche:

- Materias primas. La mayor parte de la leche cruda proviene de las vacas, se compra a los granjeros y se transporta en camiones cisterna o recipientes a las instalaciones. Aproximadamente, $2{,}0 \cdot 10^8$ L de leche cruda se transforman en $1{,}95 \cdot 10^8$ L de leche de consumo y $8{,}5 \cdot 10^6$ kg de crema en un año (Roca Bordello et al., 2001)
- Energía. Las instalaciones lácteas llevan consigo un consumo significativo de energía. Aproximadamente, el 80% de la energía se consume como energía térmica por la combustión de combustibles fósiles para generar vapor o agua caliente. Este tipo de energía se utiliza en operaciones de tratamiento térmico y limpieza. El 20% restante se gasta en equipos como electricidad, para conducir maquinaria, refrigeración, ventilación e iluminación. La mayor parte de la energía se consume en la evaporación y deshidratación de la leche (Korsström & Lampi, 2001; CE, 2006)

El consumo depende del tipo de producto que se elaborará, la edad de la instalación y el grado de automatización. Los procesos en los que la concentración o deshidratación producen leche o suero son los principales consumidores de energía. Las principales etapas del consumo de energía en la producción de leche son el tratamiento térmico y el envasado (PNUMA, 2000). Por ejemplo, se necesitan entre 0,85 y 6,47 kWh/L de leche procesada para producir leche y suero en polvo, pero solo se necesitan entre 0,06 y 2,08 kWh/L de leche procesada para hacer queso (CE, 2006).

La tendencia a construir plantas automatizadas produce un aumento sustancial en el consumo de electricidad asociado a los costes de transporte por bombeo y por el funcionamiento de grandes evaporadores, así como mayores requerimientos de enfriamiento. El alto consumo de electricidad también puede deberse al uso de motores más antiguos o al exceso de iluminación.

Las instalaciones que producen leche en polvo presentan una amplia gama de eficiencias energéticas. Dependen del tipo de proceso de evaporación o deshidratación utilizado. El consumo de energía depende del número de evaporadores y los efectos de la eficiencia de deshidratación.

- Agua. El mayor consumo de agua se produce en la limpieza y desinfección de la planta y los equipos para mantener condiciones higiénicas adecuadas. Este efluente depende de la superficie de la planta, el tipo de productos, la tecnología utilizada y las operaciones de limpieza. El consumo eficiente de agua debe aproximarse a la cantidad de 1-5 L de agua/kg de leche usando equipos avanzados y haciendo un buen control del proceso. Se puede lograr un consumo de 0,8-1,0 L de agua/kg de leche usando un kit avanzado y haciendo un buen control del proceso (CE, 2006).
- Productos químicos. Principalmente son ácido nítrico, hidróxido de sodio y algunos desinfectantes como peróxido de hidrógeno, ácido peracético e hipoclorito de sodio (Korsström y Lampi, 2001; CE, 2006).

  Los procesos de preparación de productos tales como suero en polvo por ultrafiltración, intercambio catiónico, etc., requieren

además grandes cantidades de ácido fosfórico, sulfúrico y clorhídrico, así como hidróxido de potasio e hipoclorito de sodio. El consumo de productos químicos utilizados en la limpieza y pulverización de torres de evaporadores es bastante alto. Se utilizan agentes quelantes principalmente en la limpieza de equipos de procesado de suero y en el tratamiento térmico a altas temperaturas (Korsström & Lampi, 2001; CE, 2006)

- Embalaje. La elección del material de embalaje busca no solamente preservar el producto y mantenerlo en condiciones adecuadas, sino también preservar la funcionalidad en el almacenamiento y el transporte, y la comodidad del consumidor (AINIA, 2000)

  Los materiales más utilizados en este tipo de industria son el plástico (polietileno de alta y baja densidad), cartón, aluminio, vidrio, polipropileno, papel, etc.

  El consumo de este tipo de materiales para una instalación promedio ($19{,}5 \cdot 10^7$ L de envases de leche) son aproximadamente $20{,}0 \cdot 10^7$ unidades de envases individuales (como botellas, tetrabrick y otros) contenedores de productos y $1{,}5 \cdot 10^7$ unidades de envases (Roca Bordello et al., 2001)
- Combustible. El uso de combustibles fósiles en la industria láctea para la producción de energía térmica, generalmente como vapor, puede significar el 80% del consumo total de energía. Este tipo de necesidades está cubierto por la existencia de una o más calderas de vapor de acuerdo con los requisitos de energía de la instalación. El combustible más utilizado es el fuel oil, pero también hay instalaciones que tienen calderas de vapor con gas natural como combustibles y sistemas de cogeneración con turbinas de gas, que, desde el punto de vista ambiental, son más apropiadas (Roca Bordello et al., 2001; AINIA, 2000)
- Refrigerantes. El uso de refrigerantes está asociado con equipos e instalaciones de generación de frío. Las operaciones que requieren más frío son cámaras de enfriamiento de productos perecederos como leche pasteurizada, queso, helado, yogur, etc. Para instalaciones de gran capacidad, a menudo se usa amoníaco como sustancia refrigerante. En instalaciones más pequeñas con menor

capacidad o menos necesidades de frío, se utilizan otras sustancias, como los hidrocarburos halogenados (AINIA, 2000)

4.4.2.2 Salidas

A continuación, se indican las salidas características de un proceso en una instalación de transformación de la leche:

- Emisiones gaseosas. La principal fuente de contaminación del aire en una instalación láctea proviene de las calderas de vapor.
- Corrientes líquidas. Las aguas residuales son el principal problema ambiental del sector lácteo, ya que la mayor parte del agua consumida en el proceso se convierte en efluente. Una de las principales características del agua residual de una instalación láctea es su alta carga orgánica, que generalmente se expresa como la Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días (DBO_5) y la DQO. En principio, por cada litro procesado de efluente se generan 2 litros con un DQO promedio en la salida del efluente de 3000 mg/L. En algunas ocasiones, el producto perdido y la materia prima original pueden alcanzar 230 L de productos diluidos con agua y enviados al sistema de captación, que es de aproximadamente 70 kg de DBO/día.

  En el caso del queso, el 90% de la leche utilizada en el proceso de fabricación del producto termina en suero. El suero dulce generalmente se recupera y se reutiliza como aditivo en la industria alimentaria. El suero salado, producido después del proceso de salazón para curar el queso, no es adecuado para su aplicación a menos que un proceso de ósmosis inversa elimine la sal. Si el suero no se procesa rápidamente, se acidifica debido a la formación de ácido láctico. El suero ácido no puede reutilizarse y se elimina en la descarga del efluente. Esta es la razón por la cual cae el pH del agua residual. Los efluentes de estos procesos tienen una composición variable que depende de la tecnología aplicada. Además, depende de si el suero está separado (CE, 2006)

  El volumen de efluente de una instalación bien gestionada puede alcanzar 1-2 m^3/t de leche procesada. El efluente no tratado tiene un promedio de 0,8-2,5 kg DBO_5/t de leche. Otros contaminantes importantes que están presentes en las aguas residuales son el

fósforo, el nitrógeno y los cloruros. Las diferentes corrientes de aguas residuales producidas durante el procesamiento tienen un amplio rango de pH. La temperatura de estas corrientes debe tenerse en cuenta al realizar su tratamiento. Estas aguas residuales pueden contener agentes patógenos de materiales contaminados o del proceso de producción en sí (CE, 2003; *World Bank*, 1998)

- Residuos. Los desechos sólidos incluyen lodos de aguas residuales, resinas o disolventes orgánicos no halogenados.

4.5 SELECCIÓN DE LAS PLANTAS LÁCTEAS

Se han seleccionado cinco plantas gallegas para llevar a cabo el estudio de este capítulo. Son plantas lácteas afectadas por el epígrafe 6.4.c del anexo I de la Directiva PCIC. Todas ellas eran plantas existentes cuando la Ley 5/2013 entró en vigor, e hicieron algunas modificaciones para cumplir con los requisitos de la DEI (PCIC). Estas plantas obtuvieron sus primeros permisos ambientales integrados entre febrero y diciembre de 2008, que se actualizaron por primera vez antes de 2013. De acuerdo con la modificación de este reglamento (que incorpora la nueva Directiva PCIC al reglamento español), es necesario volver a actualizar el permiso una vez completada la revisión del *BREF* correspondiente que se ha realizado recientemente. Los criterios para la selección de plantas son:

- Plantas afectadas por la Ley 5/2013 española (transposición de la Directiva 2010/75/UE), con un permiso ambiental vigente.
- Plantas con el certificado de calidad "Galega 100%", otorgado por LIGAL (Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche).
- Plantas con autorización ambiental integrada afectadas por la directiva PCIC.

Tres de las plantas tenían el certificado de calidad "Galega 100%", otorgado por el LIGAL que certifica la calidad de sus productos según criterios específicos. En 2011, la OCU elaboró un estudio utilizando laboratorios externos para conocer la calidad de la leche española. De acuerdo con los resultados, llegaron a la conclusión de que la calidad de la leche era muy mala desde el punto de vista nutricional, excepto para algunas marcas. Exigieron que los

productores mejoraran los procedimientos y la calidad. En 2014, la OCU repitió la experiencia. Observaron que la calidad había mejorado y ya no hay marcas con problemas en su producto. Los resultados de calidad alcanzados por todas las plantas seleccionadas tienen una calificación de "buena calidad".

4.6 RECOPILACIÓN DE DATOS

Se han utilizado las autorizaciones ambientales integradas de cada planta para recopilar datos sobre el procesado, los consumos y las emisiones. Las autorizaciones ambientales integradas son información pública y están disponibles en el Departamento de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructura de Galicia (Xunta de Galicia, 2017). Las autorizaciones ambientales integradas están reguladas por la Ley 16/2002 (Gobierno de España, 2002), modificada por la Ley 5/2013 (Gobierno de España, 2013a). Con la Ley 5/2013, las instalaciones no tienen que renovar periódicamente los permisos ambientales. Los permisos serán revisados por las agencias ambientales relevantes en los cuatro años posteriores a la publicación de las conclusiones de las MTD para garantizar que los estén utilizando. En el caso de las instalaciones lácteas, el último BREF ha sido publicado en 2019 (UE, 2019) por lo que hasta el 2023 hay plazo para la actualización. Estas plantas tienen algunas diferencias entre ellas debido a la especialización en algunos productos o al objetivo de mercado más amplio, la capacidad de producción o las fuentes de energía. La Tabla 4.4 muestra las entradas y la capacidad de producción de cada planta.

Las particularidades de cada planta se describen brevemente a continuación.

1. Planta A. La planta A produce principalmente leche UHT. Produce también leche fortificada y otros productos lácteos. En esta planta, se quema fueloil en las calderas. Utiliza un sistema de desodorización que extrae el aire de la planta de tratamiento de aguas residuales y lo dirige a un filtro de carbón activo para absorber los gases que causan los olores.

2. Planta B. La planta B produce leche UHT entre otros productos lácteos como leche fortificada, nata y mantequilla. En el proceso

productivo se utiliza fuel 1 BIA. Se planifica cambiar a gas natural. Utiliza también gasoil como combustible en otros procesos.

3. Planta C. La planta C produce leche UHT, nata, batido de leche y yogur. Se utiliza en el proceso productivo fuel 1 BIA, pero se planifica cambiar a gas natural. Utiliza gasoil para otros procesos. Esta planta adicionalmente funciona como fábrica de piensos, planta de cogeneración y suministro de combustible. Parte de la energía consumida proviene de la cogeneración. Como combustibles del proceso productivo se usan el propano y el gas natural.

4. Planta D. La planta D produce leche UHT, queso, nata y batidos. En el proceso productivo se usa gas natural. Esta planta también cuenta con un tanque de diésel para emergencias conectado solo en casos de prueba de quemadores.

5. Planta E. La planta E solo produce leche UHT. Se utiliza gas natural en el proceso productivo. Tiene una producción menor que las otras plantas.

Tabla 4.4. Entradas y capacidad de producción para cada planta

Entradas	Unidad	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D	Planta E
			Materias primas			
Leche cruda	L/año	199107582	140000000	112000000	80000000	166000000
Nata	kg/año	6878293	-	-	-	-
$CaCO_3$ y complejos vitamínicos	kg/año	78300	-	133288729	-	-
Agua	m^3/año	287416	190000	70848	289400	53706
Energía						
Electricidad	kWh/año	10846524	5200000	6683356	6188	7800000
Fuel Oil	L/año	1525040	1232000	-	-	-
Gasoil	L/año	32002	-	-	-	-
Gas Natural	L/año	-	-	8396952600	2029020	1581476314
Propano	L/año	-	-	42084000	-	-
			Capacidad de producción			
Leche UHT	L/año	109608909	114819808	96870270	74000000	166000000
Leche fortificada	L/año	20172600	16636500	1242008	-	-
Nata	L/año	169350	5185956	5580162	239000	4216867469

Leche UHT

Entradas	Unidad	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D	Planta E
Queso	kg/año	-	-	-	38000	
Mantequilla	kg/año	3272000	-	-	-	-
Batidos	L/año	4691038	-	70818	-	-
Leche en polvo	kg/año	408750	-	-	-	-
Yogur	L/año	-	-	82300	-	-

4.7 IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

Las emisiones tanto al aire como al agua para cada planta se estiman utilizando los factores de emisión apropiados. Estos factores se basan en el promedio de las emisiones medidas de procesos e instalaciones similares. Un factor de emisión es un valor que relaciona la emisión de un contaminante con un nivel de actividad que se puede medir fácilmente; como entrada de proceso (por ejemplo, materia prima o masa de combustible, volumen, poder calorífico, etc.), funcinamiento del proceso (por ejemplo, horas de trabajo) o salidas del proceso (por ejemplo, masa o número de productos) (Saarinen, 2003). Los factores de emisión tanto de las emisiones al aire como al agua se han recopilado a partir de la bibliografía. La Tabla 4.5 muestra los factores de emisión correspondientes a las emisiones al aire. Estos factores de emisión están especialmente definidos para la industria láctea, considerando el procesado de leche y las calderas o los motores de combustión externa, que son las principales fuentes de contaminantes atmosféricos.

Tabla 4.5. Factores de emisión para los contaminantes al aire (referido a 1 t de leche cruda)

Contaminante	Unidad	Combustión externa Factor de emisión (f_i, F_i)		Referencias	
		Fuel oil	Gas Natural	Fuel oil	Gas Natural
SO_x	kg/t	2,00E+01	2,50E-04	Estequiometría y RD 1700/2003	EPA-AP42
NO_x	kg/GJ	1,80E-01	6,40E-02	EMEP/CORINAIR (2005)	IPCC
CO	kg/t	6,11E-01	1,60E-02	EPA-FIRE (2004) EMEP/CORINAIR	IPCC

Contaminante	Unidad	Combustión externa Factor de emisión (f_i, F_i)		Referencias	
		Fuel oil	Gas Natural	Fuel oil	Gas Natural
PM10	kg/t	1,06E+00	1,63E-03	EPA-AP42 (2004)	EPA-FIRE CEPMEIP (2010)
CO_2	kg/GJ	7,66E+01	5,55E+01	IPCC	IPCC
CH_4	kg/GJ	2,99E-03	1,16E-03	EMEP/CORINAIR EPA-AP42	IPCC y AP42
N_2O	kg/GJ	3,13E-04	1,64E-03	IPCC EPA-AP42	EMEP/CORINAIR EPA-AP42
COVNM (proceso)	kg/GJ	5,42E-03	3,61E-03	EMEP/CORINAIR EPA-AP42	EMEP/CORINAIR y EPA-AP42
6 HAP	kg/t	1,33E-06	4,81E-11	EPA-AP42 NPI-Australia	EPA-FIRE
Benceno	kg/GJ	4,23E-05	3,36E-08	EPA-L&E para Benceno (1996)	EPA-FIRE
As	kg/t	5,00E-04	3,20E-09	EMEP/CORINAIR	EPA-AP42
Cd	kg/t	1,00E-03	1,76E-08		
Cr	kg/t	2,50E-03	2,24E-08		
Cu	kg/t	1,00E-03	1,36E-08		
Hg	kg/t	1,00E-03	4,16E-09		
Ni	kg/t	3,50E-02	3,36E-08		
Pb	kg/t	1,30E-03	8,00E-09		
Zn	kg/t	1,00E-03	4,64E-07		
Cl (HCl)	kg/t	4,41E-02	5,12E-05	EPA-AP42	
F (HF)	kg/t	4,84E-03	1,01E-08		
NH_3	kg/t	6,36E-02	1,30E-03	EPA-FIRE EMEP/CORINAIR	EPA-FIRE
Naftaleno	kg/t	1,40E-04	1,00E-03	EPA-AP42	EPA-FIRE
4 HAP	kg/t	4,42E-07	-	NPI Australia	-

La Tabla 4.6 incluye los factores de emisión para las emisiones al agua relacionadas con DQO, fósforo, nitrógeno y cloruro, que son los contaminantes más relevantes para esta industria.

Tabla 4.6. Factores de emisión para los contaminantes al agua (referido a 1 t de leche cruda)

Contaminante	Unidad	Factor de emisión (w_i, W_i)	Referencia
COD	mg/L	2500	BREF (Comisión Europea, 2006)
Fósforo		135	

Contaminante	Unidad	Factor de emisión (w_i, W_i)	Referencia
Nitrógeno		98	
Cloruro		258	

Todas las emisiones están normalizadas, por lo que se refieren a 1 t de leche cruda. La Ecuación 4.1 se aplica a todas las emisiones calculadas para el aire y el agua, y se compila para la generación de residuos.

$$\hat{E}_{i,j} = FC_{i,j} * VC_j \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

Donde $\hat{E}_{i,j}$ (kg of "i"/año) es la emisión anual de contaminante "i" de la unidad básica *j*. FC_{ij} (kg de *i*/cantidad unitaria de la unidad básica) es la cuantificación del factor contaminante *i* en la unidad básica *j* y VC_j una variable de cuantificación (cantidad unitaria de la unidad básica /año) que representa la magnitud de la unidad básica *j*.

4.7.1 Emisiones al aire

La cantidad de contaminantes liberados en las emisiones al aire no se considera de gran importancia en comparación con la cantidad de contaminantes del agua. La cantidad unitaria de la unidad básica es el consumo anual de combustible, el consumo anual de materia prima o la cantidad anual obtenida de un producto. El consumo anual de materia prima es la cantidad unitaria más común. La unidad del factor de cuantificación del contaminante sería kg contaminante/t de combustible, kg contaminante/GJ combustible, kg contaminante/t de materias primas o kg contaminante / t de producto. Tres de las plantas usan gas natural y las otras dos usan fuel oil para producir energía por combustión externa (Tabla 4.5). La Tabla 4.7 muestra las emisiones normalizadas calculadas para cada planta.

Tabla 4.7. Emisiones al aire calculadas para cada planta en kg/t

Contaminante	Êi,j				
	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D	Planta E
SO_x	5,83E+00	6,85E+00	1,24E-06	2,29E-07	1,16E-07
NOx	5,25E-02	6,17E-02	3,17E-04	5,86E-05	2,97E-05
CO	1,78E-01	2,09E-01	7,94E-05	1,47E-05	7,44E-06

Contaminante			Êi,j		
PM10	3,09E-01	3,63E-01	8,09E-06	1,49E-06	7,58E-07
CO_2	2,23E+01	2,62E+01	2,75E-01	5,08E-02	2,58E-02
CH_4	8,71E-04	1,02E-03	5,75E-06	1,06E-06	5,39E-07
N_2O	9,12E-05	5,62E-04	8,14E-06	1,50E-06	7,62E-07
COVNM (proceso)	1,58E-03	1,86E-03	1,79E-05	3,31E-06	1,68E-06
6 HAP	9,12E-05	1,07E-04	2,39E-13	4,40E-14	2,24E-14
Benceno	3,14E-07	3,69E-07	4,20E-09	8,26E-10	4,01E-10
As	3,71E-06	4,36E-06	4,00E-10	7,86E-11	3,82E-11
Cd	7,42E-06	8,73E-06	2,20E-09	4,33E-10	2,10E-10
Cr	1,86E-05	2,18E-05	2,80E-09	5,51E-10	2,68E-10
Cu	7,42E-06	8,73E-06	1,70E-09	3,34E-10	1,62E-10
Hg	7,42E-06	8,73E-06	5,20E-10	1,02E-10	4,97E-11
Ni	2,60E-04	3,05E-04	4,20E-09	8,26E-10	4,01E-10
Pb	9,65E-06	1,13E-05	1,00E-09	1,97E-10	9,56E-11
Zn	7,42E-06	8,73E-06	5,80E-08	1,14E-08	5,54E-09
Cl (HCl)	1,29E-02	1,51E-02	6,40E-06	1,26E-06	6,12E-07
F (HF)	1,41E-03	1,66E-03	1,26E-09	2,48E-10	1,21E-10
NH_3	1,85E-02	2,18E-02	1,62E-04	3,19E-05	1,55E-05
Naftaleno	4,08E-05	4,80E-05	1,25E-04	2,46E-05	1,19E-05
4 HAP	1,29E-07	1,51E-07	1,24E-06	2,29E-07	1,16E-07

4.7.2 Emisiones al agua

Los principales aspectos ambientales relacionados con las emisiones al agua de la industria láctea son la alta concentración de materia orgánica soluble y la acidificación del agua. Normalmente, la unidad básica es el consumo anual de leche cruda, una cantidad anual de producto producido o un flujo de aguas residuales. Las unidades de factores de cuantificación serían kg contaminantes/t de leche cruda, kg contaminantes/t de producto o unidades de concentración (kg/m^3 o mg/L). La Tabla 4.8 muestra las emisiones calculadas para cada planta. El rango de emisiones muestra el mismo patrón que las emisiones al aire.

Tabla 4.8. Emisiones al agua calculadas para cada planta en g/t

Contaminante	$\hat{E}_{i,j}$				
	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D	Planta E
DQO	2376,30	3224,93	814,20	4133,35	878,88
Nitrógeno	122,96	166,87	42,13	213,88	45,48

Contaminante	$\hat{E}_{i,j}$				
	Planta A	Planta B	Planta C	Planta D	Planta E
Fósforo	174,52	236,84	59,80	303,55	64,54
Cloruro	168,72	228,98	57,81	293,48	62,40

4.7.3 Residuos

La generación de residuos no se ha calculado, pero se ha obtenido de una fuente pública de información, el Registro Español de Emisiones y Fuentes Contaminantes (Gobierno de España, 2017a). Las emisiones reportadas se han normalizado de acuerdo con la ecuación (1) (Tabla 4.9)

Tabla 4.9. Residuos reportados para cada planta en kg/año (datos de 2013 para las plantas A, B y C, y de 2007 para las plantas D y E)

Residuos peligrosos (*) y no peligrosos	LER	$\hat{E}_{i,j}$ para cada planta				
		A	B	C	D	E
Residuos de tintas que contienen sustancias peligrosas	080312*	57	-	-	-	-
Residuos de adhesivos y sellantes que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	080409*	583	180	-	-	-
Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes	130205*	2380	540	2800	1400	2160
Lodos de separadores de agua/sustancias aceitosas	130502*	5740	-	-	-	-
Fuel oil y gasóleo	130701*	2780	120	-	-	-
Otros disolventes y mezclas de disolventes	140603*	297	140	-	-	-
Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	150110*	1720	180	400	1300	-
Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz sólida y porosa peligrosa (p.e. asbestos)	150111*	4	10	-	-	-
Absorbentes, materiales de	150202*	888	80	100	-	-

filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas						
Filtros de aceite	160107*	101	12	500	-	-
Productos químicos de laboratorio que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas, incluidas las mezclas de productos químicos de laboratorio	160506*	5320	320	-	-	-
Tubos fluorescentes y otros residuos que contienen mercurio	200121*	2	20	80	-	-
Baterías de plomo	160601*	-	-	2000	-	-
Residuos que contienen hidrocarburos	160708*	-	640	-	-	-
Lodos del tratamiento in situ de efluentes	191106	4,98E6	-	-	-	-
Envases de papel y cartón	150101	1,91E5	-	-	-	-
Envases de plástico	150102	55500	-	-	-	-
Envases de madera	150103	43200	-	-	-	-
Envases compuestos	150105	274000	-	-	-	-
Envases mixtos	150106	7870	-	-	-	-
Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras	150203	156	-	-	-	-
Metales ferrosos	160117	3370	-	-	-	-
Metales no ferrosos	160118	5660	-	-	-	-
Plástico	160118	897	-	-	-	-
Residuos de cribado	190801	1400	-	-	-	-
Residuos eléctricos y electrónicos	200136	67,8	-	-	-	-

4.8 ANÁLISIS DE LAS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

El análisis de MTD (Barros et al., 2007) es una herramienta que evalúa las técnicas candidatas para ser MTD siguiendo la metodología establecida por la *EIPPCB* (*European Integrated Pollution Prevention and Control* -Oficina Europea de PCIC). Este método considera una serie de elementos como los aspectos ambientales, la descripción técnica de las técnicas, los beneficios derivados de ellos, los efectos

secundarios, la implementación, la aplicación y los aspectos económicos, que se ilustran en las plantas de referencia donde las técnicas ya se han implementado (Bello et al., 2013).

La metodología de análisis de MTD se ha utilizado para identificar las técnicas de proceso más adecuadas, que implican la identificación de los problemas ambientales (teniendo en cuenta el consumo de materias primas, agua y energía, así como las emisiones al aire, agua, suelo y residuos generados) y el estudio de las técnicas disponibles que pueden mejorar potencialmente el rendimiento de las plantas analizadas.

Como en cualquier otro sector, a la industria láctea se le han proporcionado una serie de técnicas candidatas a ser MTD que se han reunido en un inventario (Tabla 4.10). El inventario incluye 64 técnicas, la mayoría de ellas tomadas del resultado del análisis previo de la bibliografía del sector gallego (Xunta de Galicia, 2005) y de otras referencias (Polom, 2010). Las técnicas candidatas para ser MTD también se han publicado en artículos que describen técnicas como la ósmosis inversa para tratamientos de aguas residuales (Vourch et al., 2008); nanofiltración de condensados por enfriamiento instantáneo UHT (Riera, et al., 2013); proceso de limpieza CIP a través de queratinasa cruda (Paul et al., 2014); determinación de la grasa por preconcentración en membranas de nylon (Moliner et al., 2014); ósmosis inversa para aguas residuales para la producción de agua hervida (Suárez et al., 2014); producción de agua de alta calidad por ósmosis inversa de condensados lácteos (Suárez y Riera, 2015); tratamiento de aguas residuales mediante inyección de oxígeno (Martín-Rilo et al., 2015) y agua electrolizada como agente de limpieza y desinfección en acero inoxidable (Jiménez-Pichardo et al., 2016), por poner algunos ejemplos.

Cada planta considerada ha sido evaluada para identificar las MTD ya implementadas. El grado general de implementación de estas técnicas es bastante bajo, ya que ninguna de las instalaciones consideradas ha implementado ni la mitad de las técnicas disponibles. La planta A es la que ha implementado más técnicas (37), seguida por la planta B, que ha implementado 29, y las plantas C, E y D, que han implementado 26, 17 y 3 técnicas, respectivamente.

Excepto la planta D, el resto de las plantas han desarrollado metodologías para prevenir y minimizar el consumo de agua y energía y la producción de residuos. Sus tasas de consumo de recursos se han optimizado y la generación de flujos residuales se han minimizado. La mayoría de ellas mantienen inventarios de las entradas y salidas de sus procesos, de modo que se garantiza la trazabilidad de los diferentes flujos.

Las emisiones calculadas para cada planta han demostrado que las instalaciones con más MTD implementadas son aquellas que han emitido más emisiones. La razón no es que las MTD no sean efectivas, sino cada planta tiene sus particularidades (edad, tipo de combustible usado, etc.)

Las técnicas relacionadas con la "gestión de recursos" (es decir, los recursos materiales y energéticos) tienen un buen grado de implementación, así como las técnicas relacionadas con la "gestión de actividades". Estas técnicas son especialmente relevantes cuando se considera el consumo de energía y, a pesar de la alta demanda de energía de algunos procesos y los beneficios que estas medidas pueden proporcionar (el aislamiento térmico puede reducir las pérdidas de calor en un 82-86% -CE, 2006-) estas plantas han implementado una, o incluso más, de estas técnicas.

Las técnicas relacionadas con “operaciones previas” tienen un grado de implementación ligeramente mayor, dependiendo de la etapa del proceso considerada. Todos ellos ignoran la desodorización, la homogeneización y la eliminación del aluminio para el embalaje.

Tabla 4.10. MTD ya implementadas en cada planta (el área sombreada muestra que la técnica ya está implementada)

Etapa del proceso			Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Principales aspectos ambientales	A	B	C	D	E
Operaciones previas	Recepción Filtración Almacenamiento Desaireación Clarificación		Control de materias primas	Gestión de recursos y generación de residuos	■	■		■	■
			Reducción de pérdidas de leche	Gestión de materias primas (utilización) y emisiones de agua	■	■	■	■	■
			Segregación de la clarificación de lodos	Efluentes líquidos		■	■		
			Instalación de sistemas de cierre automático en mangueras de agua	Efluentes líquidos	■	■	■	■	
			Uso de agua presurizada para limpieza de superficies	Efluentes líquidos	■	■	■		
			Recirculación interna de agua de enjuague en sistemas de limpieza CIP	Consumo de agua Efluentes líquidos		■	■		
			Proceso de presión medfiante membranas para sistemas CIP (Polom (2010))	Consumo de agua y energía					
	Calentamiento		Aislamiento de conductos y tuberías	Consumo energético	■	■	■		■
	Desnatado y estandarización			Producción de residuos					
	Desodorización			Efluentes líquidos					
Procesado	Tratamiento térmico	Homogeneización	Homogeneización parcial	Consumo energético					
		Pasteurización UHT Esterilización	Uso de sistemas continuos para la pasteurización de la leche	Consumo energético	■				■
			Recuperación energética en el tratamiento térmico de la leche	Consumo energético	■	■			■
			Minimización de la recirculación del producto en las líneas de pasteurización	Consumo de agua y energía	■	■			■

Etapa del proceso			Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Principales aspectos ambientales	A	B	C	D	E
Procesado	Manufactura	Procesado de leche concentrada y en polvo	Eliminar el producto residual antes de comenzar las operaciones de enjuague	Consumo de agua					
			Evaporación de 4 efectos con sistemas de recompresión mecánica de vapor (RMV)	Consumo De agua y energía					
			Deshidratación energéticamente eficiente	Consumo energético					
			Filtro tubular de partículas	Consumo energético Generación de residuos					
			Separador ciclónico	Emisión de partículas					
			Filtros de manga	Emisión de partículas					
		Procesado de mantequilla	Utilización de la mantequilla de la leche	Gestión de residuos					
			Minimización de las pérdidas de producto	Efluentes líquidos					
		Procesado del queso	Estandarization de proteinas de leche para la fabricación de queso por ultrafiltración	Consumo de agua y energía					
			Control fisicoquímico y microbiológico de salmueras de queso salado	Efluentes líquidos					
			Recuperación de salmueras	Efluentes líquidos					
			Eliminación seca de sal de los queso una vez salados	Efluentes líquidos					
			Eliminación del producto y residuos gruesos previa limpieza	Consumo de agua					
			Proceso de membrana a presión (PMP) en sistemas CIP (Polom (2010))	Consumo de agua y energía					
		Procesado de yogur		Consumo de energía Efluentes líquidos Generación de residuos					
		Procesado de helados	Recuperación del calor del proceso de pasteurización	Consumo de agua y energía					

Etapa del proceso			Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Principales aspectos ambientales	A	B	C	D	E
			Descongelado automático de evaporadores en sistemas de refrigeración	Consumo energético					
	Operaciones finales	Refrigeración	Refrigeración previa de agua con amoníaco	Consumo energético					
			Recuperación de calor de los sistemas de refrigeración	Consumo energético					
			Bombas de calor	Consumo energético					
			Recuperación del agua de condensación	Efluentes líquidos					
			Evitar fugas de fluidos frigorífico	Emisiones a la atmósfera					
		Empaque y almacenamiento	Minimización de pérdidas de producto	Emisiones al agua					
			Component-filling	Pérdida de producto					
			Reemplazo de tapas de alumnio	Generación de residuos					
			Uso de envases libres de Al	Generación de residuos					
		Tratamiento de aguas residuales	Separación de grasas por flotación	Efluentes líquidos					
			Neutralización del pH de las aguas residuales	Efluentes líquidos					
		Gestión de residuos y subproductos	Prevenir el vertido de suero	Efluentes líquidos					
			Recuperación del suero	Efluentes líquidos					
Postprocesado	Gestión de residuos y subproducto		Utilización de suero para alimentación animal	Efluentes líquidos					
			Uso del suero para fabricación de bebidas	Efluentes líquidos					
			Hidrólisis del suero	Consumo energético					
			Fermentación del suero	Efluentes líquidos					
			Concentración del suero por evaporación multi-efecto	Consumo de agua y energía					
			Recuperación del suero con membranas	Emisiones de agua y de olores					
			Valorización energética del suero	Efluentes líquidos					
			Sistema de recuperación de calor del suero pasteurizado	Consumo energético					
			Reutilización de subproductos	Generación de residuos y					

Etapa del proceso		Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Principales aspectos ambientales	A	B	C	D	E
			efluentes					
		Minimización de residuos de envases y embalajes	Generación de residuos	■	■			
		Segregación adecuada de residuos sólidos	Generación de residuos	■	■			
		Almacenamiento de residuos peligrosos	Generación de residuos	■	■			
Operaciones auxiliares	Limpieza y desinfección de equipos	Limpieza seca de superficies	Efluentes líquidos	■		■		
		Instalación de sistemas de cierre automático en mangueras de agua	Efluentes líquidos	■	■	■		
		Uso de agua presurizada para la limpieza de superficies	Efluentes líquidos	■	■	■		
		Reducción del caudal y carga de contaminantes al efluente	Emisiones de DQO al agua	■	■	■		
		Recirculación interna del agua de aclarado de los sistemas de limpieza CIP	Consumo de agua y vertidos	■		■		■
		Recirculación interna de reactivos químicos en sistemas CIP	Efluentes líquidos	■				■
		Eliminación de productos residuales previo a operaciones de aclarado	Efluentes líquidos	■		■		
		Optimización de programas CIP	Consumo de agua productos químicos y energía	■	■	■		■
		Utilización eficiente de sistemas de pulverización	Consumo de agua	■		■		
		Eliminación de productos y restos gruesos antes de la limpieza	Consumo de agua	■		■		
		Diseño adecuado del sistema de limpieza CIP	Consumo de agua	■	■	■		■
		Reutilización de agua de enfriamiento templada para limpieza	Consumo de agua Efluentes líquidos	■		■		
		Limpieza con espuma a baja presión	Consumo de agua Efluentes líquidos	■				■

Etapa del proceso		Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Principales aspectos ambientales	A	B	C	D	E
		Reutilización de corrientes de salida en la instalación	Consumo de agua					
		Detección de puntos de transición de productos /agua	Consumo de agua					
		Limpieza continua de los moldes del queso						
		Proceso de membranas a presión (PMP) en sistemas CIP (Polom, 2010)	Consumo de agua y energía					
	Mantenimiento de la instalación	Control periódico de emisiones de calderas	Emisiones a la atmósfera					
		Optimización de la eficiencia energética por cogeneración	Emisiones a la atmósfera					

4.9 EVALUACIÓN DEL GRADO DE IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE DE PCIC

De acuerdo con las emisiones al aire (Tabla 4.7) y al agua (Tabla 4.8) calculadas, y a los datos de generación de residuos (Tabla 4.9), la planta C es claramente la que emite menos contaminantes, mientras que la planta A y la planta B son, por mucho, las más contaminantes de las plantas analizadas. Las plantas D y E emiten aproximadamente la misma cantidad de contaminantes (cantidad total, considerando las emisiones al aire, agua y residuos). La planta E emite menos contaminantes al aire y al agua que la planta D. El grado de implementación de las MTD no refleja exactamente estos resultados, ya que la planta A resultó ser la que implementó más técnicas (37), seguida por la planta B. La planta D tiene un bajo grado de implementación de técnicas, que se refleja en sus emisiones de agua. La planta E emite 0,03 kg de contaminantes al aire, 524 kg de contaminantes al agua y genera 2,16 kg de residuos, todos ellos referidos a una tonelada de leche procesada. En todos los casos, estos valores son más bajos que los de las otras plantas, excepto por las emisiones de agua donde la planta E tiene menos emisiones que D, aunque la planta E no es la que ha implementado más técnicas. En realidad, ha implementado 17 técnicas (menos que otras plantas excepto la planta D). Esta planta parece haber seleccionado un conjunto apropiado de técnicas, que se han implementado correctamente. La mayoría de las técnicas actúan directamente sobre las emisiones a la generación de aire, agua y residuos, que se reflejan en el funcionamiento ambiental de la planta. Aunque la planta A y la planta B son las que aplican más técnicas (37 y 29), sus altas emisiones reflejan que no se han implementado correctamente o que no fueron las más apropiadas. Genera más emisiones al aire y al agua que las plantas C y E, y una gran cantidad de residuos. A pesar de haber implementado algunas técnicas relacionadas con las emisiones y la generación de residuos, el funcionamiento ambiental no es lo suficientemente bueno. El grado de implementación de MTD en la planta E es bastante bajo, ya que solo se han implementado 17 técnicas. Su funcionamiento ambiental es bastante bueno si se compara con las otras plantas, lo que refleja que, sin embargo, se han

seleccionado pocas técnicas e implementado adecuadamente. La mayoría de las técnicas se refieren al consumo de recursos y las emisiones al agua. El único valor perturbador son las emisiones al agua, justificadas por la gran cantidad de leche cruda procesada. La reutilización de los residuos es claramente una buena práctica ambiental que reduce la cantidad global de residuos generados por el proceso y afecta el consumo de recursos en otros procesos.

4.10 CONCLUSIONES

En este capítulo, se ha analizado la aplicación de la filosofía PCIC en la industria láctea gallega. Como punto de partida, se ha considerado el proceso lácteo genérico para identificar los posibles consumos y emisiones. Se han seleccionado para análisis cinco plantas del sector en la región, todas ellas afectadas por la Directiva de PCIC, por lo que tienen una AAI y todas están dedicadas al procesado de leche cruda. Las primeras AAI de cada planta se obtuvieron entre febrero y diciembre de 2008, y se actualizaron antes de 2013. Las emisiones al aire y al agua se calcularon para cada planta en función de los factores de emisión, y la generación de residuos se obtuvo de una fuente pública de información. El análisis de MTD se ha aplicado para identificar la MTD ya implementadas para cada planta, teniendo en cuenta la información disponible, especialmente las incluidas en los AAI.

Los resultados muestran que el grado de implementación de MTD en estas plantas, aunque suficiente desde el punto de vista legal, es mejorable. De las 64 técnicas disponibles, las plantas solo han implementado entre 3 y 37 (entre 4,7 y 57,8%). A pesar de esta implementación, algunas plantas como las plantas C y E, muestran un funcionamiento ambiental bastante bueno, lo que refleja una buena selección de MTD y una implementación adecuada. Las plantas A y B reflejan un funcionamiento más deficiente, ya que a pesar de ser las que han implementado más técnicas, su funcionamiento ambiental es bastante pobre. Esto puede deberse a una selección inadecuada de técnicas o a una implementación inadecuada o incluso al tipo de combustible utilizado. El bajo grado de implementación de MTD en la planta D se refleja claramente en su funcionamiento ambiental, ya que

es la que libera más contaminantes del agua y tiene menos técnicas implementadas. La planta D solo ha implementado 3 técnicas, pero también es una de las menos contaminantes (excepto las emisiones de agua). La planta A, la planta B y la planta C han implementado el mayor número de técnicas, pero también son las más contaminantes de todas. Esto se puede atribuir al tipo de combustible utilizado, ya que la planta A, la planta B y la planta C usan fuel oil y las otras usan gas natural, lo que podría indicar cómo afecta el tipo de emisiones de combustible emitidas. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las Tabla 4.7 y Tabla 4.8, se puede observar que los contaminantes que se liberan en grandes cantidades no son tóxicos y que la cantidad de contaminantes tóxicos emitidos por la industria láctea es relativamente baja. Por lo tanto, la toxicidad de las emisiones es relativamente baja.

Se puede concluir que el grado de implementación de las técnicas en las plantas lecheras consideradas es mejorable. Se detecta, al igual que pasaba en el capítulo anterior, la falta de implementación de técnicas de gestión del proceso. Estas técnicas afectan mucho al consumo de materia y energía, que no está optimizado en ningún proceso. Las técnicas relativas a las operaciones previas, que son una fuente importante de olores, aguas residuales y residuos, también están mal implementadas. Todas las plantas obvian la desodorización, la homogeneización y la eliminación del aluminio para el embalaje. La falta de implementación de más MTD podría deberse a razones económicas porque la mayoría de ellas son instalaciones relativamente pequeñas. La inversión en nueva tecnología podría no ser posible para las compañías en el momento en que se otorgaron las AAI, debido a la etapa económica (la crisis económica que comenzó en España en 2008, momento en que se emitieron las AAI). También es posible que las plantas hayan tenido poca formación/información sobre los beneficios de la aplicación de nuevas tecnologías. La autoridad competente juega un papel clave en este caso pudiendo hacer una mejor promoción de las técnicas emergentes para evitar que la información no llegue o sea errónea para las compañías, poponer actuaciones para ayudarles a implementar nuevas MTD, detectando aquellos sectores más necesitados mediante evaluaciones de este tipo.

Debido a los resultados obtenidos sobre el grado de implementación de MTD, el trabajo adicional debería centrarse en identificar las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD. Los principales flujos de contaminantes potenciales deben identificarse para cada uno de ellos (flujos mejorables), de modo que se pueda recomendar e implementar una MTD adecuada. También debe analizarse si las técnicas ya implementadas son las adecuadas o si están funcionando correctamente. Se podrían proponer medidas correctivas y se podría optimizar el funcionamiento ambiental de las plantas.

Estos análisis podrían aplicarse a todo el sector, optimizando el funcionamiento ambiental global de un sector tan relevante para la economía gallega. El estudio de calidad de la OCU no es concluyente para establecer una relación sólida entre los aspectos de calidad y el nivel de implementación de MTD. Se necesitará un estudio más profundo para establecer la relación entre la implementación de MTD y la calidad de los productos finales. Es posible garantizar que la implementación de la política de PCIC no dañe la calidad del producto final.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5 MATADEROS

Este capítulo es una reproducción de las siguientes publicaciones derivadas de la investigación desarrollada por la doctoranda durante su etapa de formación de doctorado:

- Título: *Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW Spain)*
- Autores: Pastora Mª. Bello Bugallo, Laura Cristóbal Andrade, María Agrelo de la Torre, Rosa Torres López
- Editorial: Elsevier
- Revista: Science of the Total Environment
- ISSN: 0048-9697 eISSN: 1879-1026
- Factor de impacto de la revista (2014): 4,099
- Año de publicación: 2014
- Posición relativa en la categoría a la que pertenece:
  · Environmental Sciences—SCIE 18/223 (2014)
- Número de veces citado: 7 en la colección principal de WOS
- Contribución de la doctoranda: desarrollo de la investigación y escritura del paper.
- Autorización de la revista/editorial para el uso de la publicación en la tesis de doctorado: en el URL https://www.elsevier.com/about/policies/copyright/permissions, aparece la política de permisos. En ella el autor de una publicación en la editorial tiene permiso para utilizarla tanto en el documento de tesis como en la defensa como se indica a continuación en inglés (transcrito exactamente de dicha URL):
  · *Can I use material from my Elsevier journal article within my thesis/dissertation? As an Elsevier journal author, you have the right to Include the article in a thesis or dissertation (provided that this is not to be published commercially) whether in full or in part, subject to proper acknowledgment; see the Copyright page for more information. No written permission from Elsevier is necessary. This right extends to the posting of your thesis to your university's repository provided that if you include the published journal article, it is embedded in your thesis and not separately downloadable.*
  · *Can I include/use my article in my thesis/dissertation? Yes. Authors can include their articles in full or in part in a thesis or dissertation for non-commercial purposes.*

5.1 RESUMEN

La industria cárnica española formada por mataderos, salas de despiece e industrias de elaborados cárnicos, tiene un tejido industrial constituido por cerca de 3000 empresas, distribuidas por toda la geografía española, especialmente en zonas rurales.

Los datos provisionales de la encuesta de sacrificio del MAPA cierran el año 2020 con cifras récord en la producción española de carne, con 7,6 millones de toneladas y un crecimiento interanual del 5,1%. Desde el punto de vista del consumo de recursos, este tipo de instalaciones necesitan elevadas cantidades de agua y energía, mientras que entra las salidas potenciales no deseadas destacan la producción de efluentes líquidos muchos de ellos con elevada carga orgánica. Los mataderos con capacidad de producción de más de 50 toneladas por día están afectados por la ley de prevención y control integrados de la contaminación o PCIC, en España últimamente desarrollado por el Real Decreto Legislativo 1/2016. Por lo tanto, este tipo de instalaciones para operar deben contar con una Autorización Ambiental Integrada que incluya los Valores Límite de Emisión basados, entre otros, en las Mejores Técnicas Disponibles.

El presente capítulo evalúa el grado de implementación de la política PCIC en las instalaciones de sacrificio de ganado de la comunidad autónoma gallega. Para ello, se han seleccionado cinco mataderos industriales afectados por el Anexo 1 de la PCIC en la región, como caso de estudio. En cada uno de ellos se ha realizado un análisis de MTD y también un inventario cuantitativo de consumos y emisiones, de la misma forma que en los capítulos anteriores. El análisis se ha realizado a partir de la información disponible en las autorizaciones ambientales integradas de los mataderos seleccionados y de los datos encontrados en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes. Como novedad en esta tesis, se ha incorporado una evaluación cuantitativa de los impactos de cada una de las plantas seleccionadas utilizando los resultados del inventario y se realiza un análisis de impactos utilizando un software libre.

Los resultados obtenidos consisten en una lista actualizada de MTD para este tipo de instalaciones con noventa y cuatro técnicas candidatas. Se obtienen la información cuantitativa y cualitativa de los

flujos de entrada y salida de cada una de las plantas (inventario de ciclo de vida), y los impactos sobre diferentes categorías ambientales. Se observa que todas las plantas de forma global han implementado bastantes MTD, aunque se observa una diferencia entre los mataderos de cerdos y ovejas, con menos técnicas que los de aves de corral. A partir de los resultados del análisis de impactos se observa que las MTD implementadas a veces están dirigidas a impactos poco importantes, es decir, que no hay relación entre estas técnicas y emisiones potenciales.

Se necesita un análisis previo con metodologías que combinen herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo como las que se utilizan en este capítulo, para conocer el comportamiento ambiental de de cada planta específica, antes de decidir qué MTD mejoraría el comportamiento ambiental de las mismas.

La incorporación en este capítulo del análisis de impacto del ciclo de vida da una idea más global al indicar, no sólo las salidas cuantitativas (emisiones) de las plantas, sino las consecuencias de las mismas en el medio y la salud humana.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.2 INTRODUCCIÓN

Según la Real Academia de la lengua un matadero es un sitio donde se mata y degüella el ganado destinado al abasto público (RAE, 2021). Sin embargo existen otras definiciones como la de la *Food and Agriculture Organization* que lo define como "un establecimiento utilizado para sacrificar y procesar animales terrestres, cuya carne está destinada al consumo humano" (FAO, 2014) o la legislación europea que lo define como "una instalación donde los animales son sacrificados y procesados en productos cárnicos bajo técnicas higiénicas y sanitarias e inspecciones exhaustivas" (CE, 2009) Pueden estar especializados en un tipo de ganado, como porcino, bovino, ovino, caprino y cunícula, o pueden ser polivalentes. Los mataderos están incluidos en la División 10 de la NACE Rev.2 (Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea, 2006), correspondiente a la industria de alimentación en el grupo "procesado y conservación de carne y producción de productos cárnicos". Esta división incluye algunas de las siguientes clases relacionadas: "10.11 Procesado y conservación de la carne", "10.12 Procesado y conservación de la carne de aves de corral" y "10.13 Producción de carne y productos cárnicos de aves de corral" (Eurostat, 2008). Por otra parte, la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE) 2009 (Gobierno de España, 2007c), considera los mataderos en la sección dedicada a las actividades de la industria manufacturera (grupo C), concretamente la fabricación de alimentos. La industria alimentaria corresponde a la división 10, y los mataderos se ajustan a la clase 10.1, "Procesado y conservación de carne y elaboración de productos cárnicos", que incluye las mismas subclases de la NACE Rev.2.

Las actividades de matadero se encuentran afectadas por la ley de prevención y control integrados de la contaminación, no sólo en el apartado dedicado explícitamente a dicha actividad, sino en otros como se indica en la Tabla 5.1

Tabla 5.1. Clasificación PCIC de las actividades de matadero

Actividad	Capacidad		Epígrafe		
			Ley española[1]	DEI[2]	REFC[3]
Tratamiento y procesado para la producción de productos alimenticios (procedente de animales que no sea leche)	producción (productos terminados)	>75 ton/día	9.1.b (i)	6.4.b (i)	8.b (i)
Reciclaje o eliminación de canales y desechos de animales	tratamiento	> 10 ton/día	9.2	6.5	5.e
Mataderos	producción de canales	> 50 ton/día	9.1.a	6.4.a	8.a

[1] **Real Decreto Ley 1/2016 (Gobierno de España, 2016)**
[2] **Directiva de Emisiones Industriales (UE, 2010)**
[3] **Registro Europeo de Fuentes Contaminantes (Gobierno de España, 2007a)**

Por otro lado, el *PRTR* europeo establece una lista de contaminantes potenciales emitidos para este sector (ver Tabla 5.2)

Tabla 5.2. Contaminantes potenciales emitidos para los mataderos y su umbral de emisión (CE, 2006a)

Contaminante	Umbral de emisión (kg/año)		
	Al aire	Al agua	Al suelo
Metano (CH_4)	100000	-	-
Monóxido de carbono (CO)	500000	-	-
Dióxido de carbono (CO_2)	100 millones	-	-
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	100	-	-
Óxido nitroso (N_2O)	10000	-	-
Amoníaco (NH_3)	10000	-	-
COVNM	100000	-	-
Óxidos de nitrógeno (NO_x/NO_2)	100000	-	-
Óxidos de azufre (SO_x/SO_2)	150000	-	-
Nitrógeno total	-	50000	50000
Fósforo total	-	5000	5000
Arsénico y compuestos (como As)	20	-	-
Cadmio y compuestos (como Cd)	10	-	-
Cromo y compuestos (como Cr)	-	50	50
Cobre y compuestos (como Cu)	-	50	50

Mercurio y compuestos (como Hg)	10	-	-
Níquel y compuestos (como Ni)	50	-	-
Plomo y compuestos (como Pb)	-	20	20
Zinc y compuestos (como Zn)	-	100	100
Diclorometano (DCM)	1000	-	-
PCDD +PCDF (dioxinas+furanos) (como Teq)	0,0001	0,001	0,0001
Pentaclorobenceno	1	-	-
Fenoles (como C total)	-	20	20
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	-	5	5
Carbono Orgánico Total (COT) (como C total o DQO/3)	-	50000	-
Cloruros (como Cl total)	-	2 millones	2 millones
Cloro y compuestos inorgánicos (como HCl)	10000	-	-
Fluoruros (como F total)	-	2000	2000
Partículas (PM_{10})	50000	-	-
Fluoranteno	-	1	-

5.2.1 Análisis regional del sector

La industria cárnica es el cuarto sector industrial en España. Es un sector formado por mataderos, salas de despiece e industrias de elaborados, tiene un tejido industrial constituido por cerca de 3.000 empresas, distribuidas por toda la geografía española, especialmente en zonas rurales. Aunque una parte significativa del sector son pequeñas y medianas empresas, esto no ha impedido el desarrollo y consolidación de grandes grupos empresariales, algunos de ellos líderes a escala europea. La producción conjunta de todas estas empresas hace que la industria cárnica ocupe con diferencia el primer lugar de toda la industria española de alimentos y bebidas, representando una cifra de negocio de 26.882 millones de euros, el 22,6% de todo el sector alimentario español (ANICE, 2020)

Más de 925 millones de animales fueron sacrificados en 2019, fabricando 7,27 millones de toneladas de carne en España (Figura 5.1(a)). La comunidad autónoma con más producción es Cataluña, seguida de Castilla y León, y Andalucía.

Hay 156 industrias cárnicas distribuidas por territorio gallego con ventas netas superiores a 1 millón de euros, que representan el

subsector económico más importante dentro de la industria alimentaria gallega, detrás del sector pesquero (Xunta de Galicia, 2015).

En más de 50 mataderos gallegos, se sacrificaron alrededor de 108 millones de animales en 2019 (Figura 5.1(b)), fabricando 427 mil toneladas de carne (MAPA, 2020).

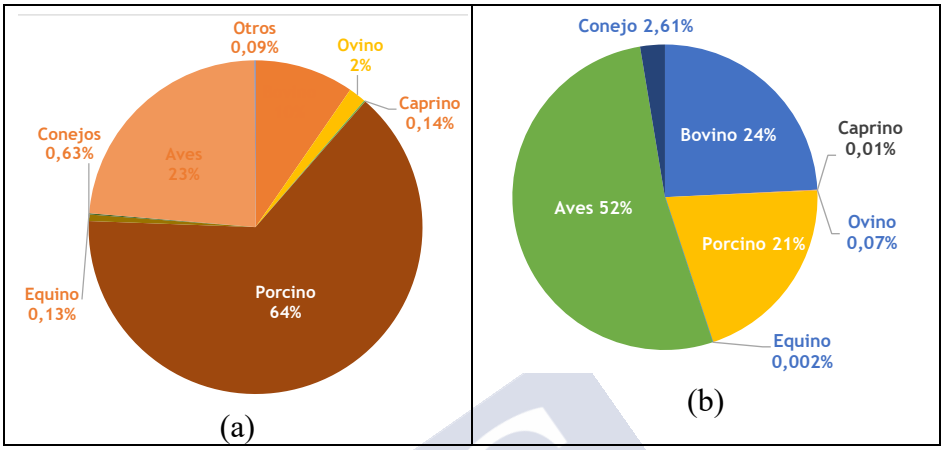


Figura 5.1. Distribución de la producción de carne en 2019 España (a) y en Galicia (b) en toneladas (MAPA, 2020)

El presente capítulo evalúa el grado de implementación de la política PCIC en las instalaciones de sacrificio de ganado de la comunidad autónoma gallega. Para ello, se han seleccionado cinco mataderos industriales afectados por el Anexo 1 de la PCIC en la región, como caso de estudio. En cada uno de ellos se ha realizado un análisis de MTD y también un inventario cuantitativo de consumos y emisiones, de la misma forma que en los capítulos anteriores. El análisis se ha realizado a partir de la información disponible en las autorizaciones ambientales integradas de los mataderos seleccionados y de los datos encontrados en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes. Como novedad en este capítulo se ha incorporado una evaluación cuantitativa de los impactos de cada una de las plantas seleccionadas utilizando los resultados del inventario y se realiza un análisis de impactos utilizando un software libre.

5.3 METODOLOGÍA

La metodología se basa en el enfoque del ciclo de vida, como el análisis de MTD y la evaluación de impacto, y de esta manera analizar el grado de implementación de la DEI en los mataderos gallegos afectados por esta directiva. Como caso de estudio se han seleccionado algunas instalaciones industriales afectadas por el marco legal de DEI, teniendo en cuenta sus permisos ambientales actualizados y los datos disponibles en el *PRTR* de España. Asimismo, se han obtenido los consumos y emisiones utilizando los métodos disponibles en los capítulos anteriores. Finalmente, se desarrolla una evaluación de impacto ambiental de cada planta mediante un software gratuito. La Figura 5.2 muestra los pasos desarrollados en este capítulo.

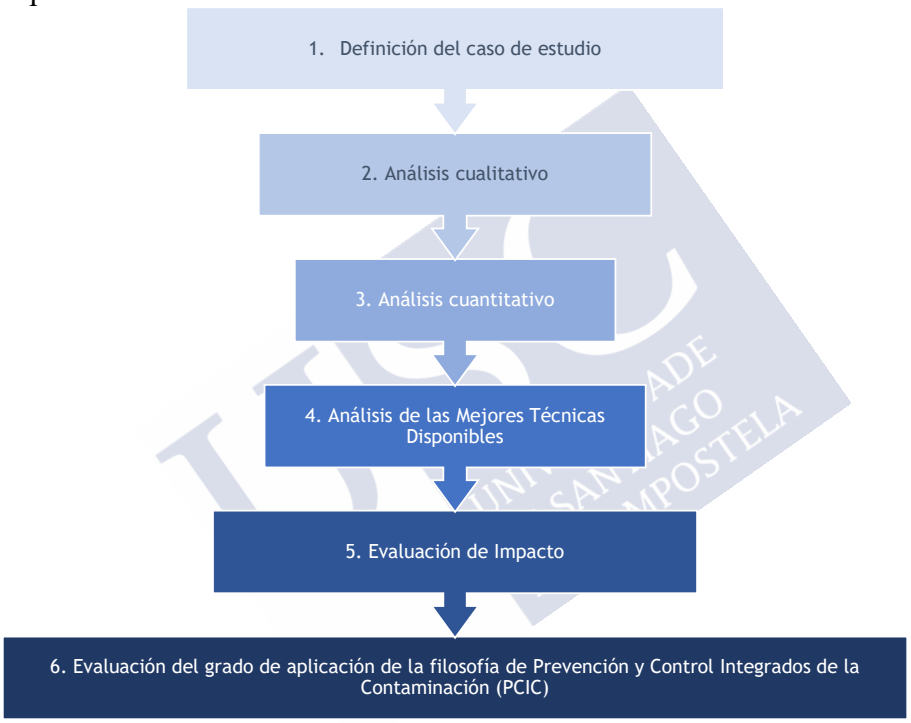


Figura 5.2. Diagrama de flujo de la metodología

0) Análisis del sistema productivo genérico de los mataderos: se realiza una descripción cualitativa del proceso elaborando un

diagrama de flujo, se identifican los principales aspectos y efectos ambientales teniendo en cuenta los consumos y emisiones.

1) Selección del caso de estudio, en este caso selección de plantas industriales de referencia de mataderos gallegos según criterios previamente establecidos; recopilación de datos a partir de las AAI y del PRTR.
2) Análisis cualitativo mediante la descripción del proceso en los mataderos usando para ello la información disponible en la AAI. Se proporciona un diagrama de flujo específico de cada proceso, según el tipo de ganado procesado.
3) Análisis cuantitativo. Se elabora un inventario de entradas y salidas en cada una de las plantas (consumos y emisiones), para lo que se utilizan datos medios, calculados (muchas veces a partir de factores de emisión como se hizo en capítulos anteriores) y estimados. La base de cálculo normalizado es 1 ton de canal.
4) Análisis de MTD. El listado existente de MTD candidatas para mataderos publicado por Bello Bugallo et al. (2014), se actualiza siguiendo el mismo método que el utilizado en dicho estudio. Mediante la información disponible en las AAI, se identifican las técnicas implementadas en cada una de las plantas.
5) Evaluación de impacto. Para esta evaluación se utilizan los datos del inventario del ciclo de vida para cada matadero seleccionado obtenidos en el apartado 4 y de esta manera se evalua el comportamiento ambiental de cada uno de los mataderos.
6) Evaluación del grado de implementación de la filosofía de PCIC. Finalmente, se lleva a cabo la evaluación global de cada planta, teniendo en cuenta los resultados de los apartados anteriores.

5.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE MATADEROS

5.4.1 Descripción del proceso

El proceso tecnológico-productivo de los mataderos se puede dividir en cuatro etapas (operaciones previas, procesado, posprocesado, operaciones auxiliares), como se muestra en la Figura 5.3.

La diferencia más significativa del proceso consiste en el proceso de eliminación de la piel para el ganado vacuno y ovino, mientras que

para los cerdos la piel no se elimina, pero se chamusca para eliminar las cerdas.
A continuación, se describen las etapas generales y del proceso, las cuales se basan en la revisión de la literatura (Xunta de Galicia, 2006; EA, 2003a; EA, 2003b; CE, 2005; NCM, 2016).

5.4.1.1 Operaciones previas

El proceso de sacrificio comienza con la recepción y carga de los animales, manteniendo a los animales lo más calmados y relajados posible bajo buenas condiciones de higiene y bienestar, por lo que esto influye en la calidad final de la carne. Posteriormente los animales se aturden, cuelgan y sacrifican, en el orden establecido para cada tipo de ganado.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

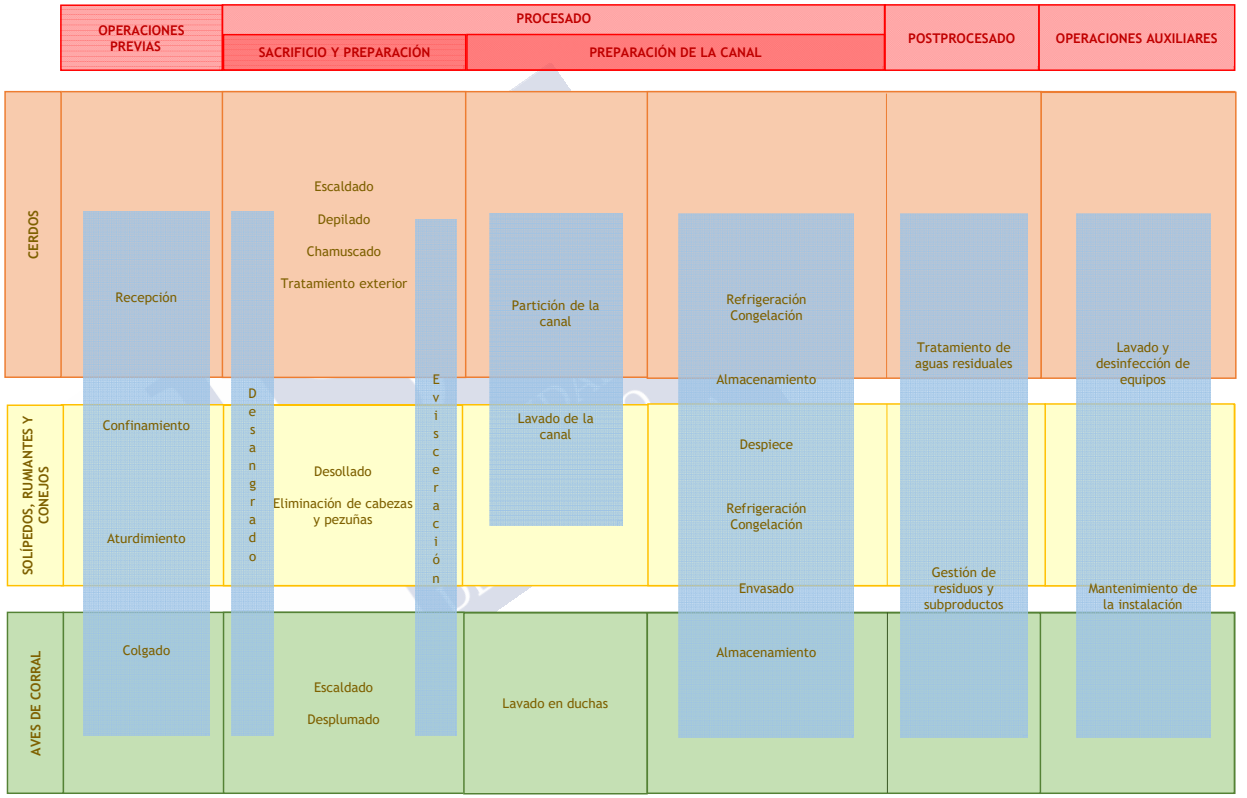


Figura 5.3. Etapas generales del proceso productivo del matadero

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

5.4.1.1.1 Recepción de animales

Los animales transportados al matadero en camiones se descargan en el área de confinamiento mediante rampas que tienen barandas de protección para evitar su caída. Se debe proporcionar un camino ancho, claro y recto desde el vehículo hasta el establo y permitir que los animales se muevan a su propio ritmo.

La limpieza y desinfección de los camiones y de las jaulas (en el caso de aves de corral) es una actividad muy importante después de la descarga.

5.4.1.1.2 Lairaje (confinamiento) de animales

El tiempo de confinamiento debe ser suficiente para que los animales se calmen y se recuperen de la fatiga derivada del transporte, depende del criterio del productor y, a menudo, lo especifica la ley. A veces es necesario lavar los animales descargados, teniendo en cuenta el tiempo de secado necesario antes del sacrificio y considerando que las pieles y cueros húmedos pueden deteriorarse más rápidamente.

Los suelos normalmente son de hormigón rugoso para que los animales puedan agarrarse adecuadamente, o emparrillados de hormigón con fosas para la eliminación del purín generado.

El área de alojamiento normalmente se limpia con palas y se coloca el estiércol sólido y la paja en un contenedor. Posteriormente se lava el piso con mangueras APBV (alta presión y bajo volumen). La alimentación, el agua y el descanso se proveen de acuerdo con el tamaño y el tipo de animal. Por otro lado, la circulación de aire/ventilación e iluminación (natural y artificial), deben ser adecuadas para las condiciones extremas de temperatura y humedad.

5.4.1.1.3 Aturdimiento

El aturdimiento se realiza para anestesiar al animal y evitarle dolor, angustia y sufrimiento durante su muerte. Los principales métodos y equipos utilizados para aturdir a los animales son los siguientes: aturdimiento mecánico con una pistola de bala cautiva de punzón penetrante o pistolas de conmoción cerebral no penetrantes activadas por cartuchos sin proyectil o aire comprimido; aturdimiento eléctrico por electrodos o tanques de agua; y aturdimiento por gas CO_2.

5.4.1.1.4 Colgado

Una vez aturdido el animal, se procede al colgado por una o ambas patas traseras en un riel superior para proseguir con la etapa de procesado. Con la excepción de las aves de corral, las cuales se cuelgan antes del aturdimiento.

5.4.1.2 Procesado (sacrificio y preparación)

En esta etapa se lleva a cabo el sacrificio y la preparación de la canal, siendo determinante para la calidad del producto final. Debido a que hay ligeras diferencias en el tratamiento de los cerdos, rumiantes y otros, y aves de corral, se verán por separado.

5.4.1.2.1 Ganado porcino

Sangrado. Inmediatamente después del aturdimiento se realiza el sangrado recogiendo la sangre en una cubeta, cuyo volumen es para un cierto número de cerdos. Posteriormente se limpia y afila el cuchillo usado, y para el siguiente animal utiliza un nuevo cuchillo. La sangre puede ser para consumo humano o materia prima para la industria farmacéutica. Un rango de entre 2 a 4 litros de sangre se recoge por cada cerdo. En un tanque refrigerado a 2ºC (con intercambiadores de placas) se conserva la sangre al que se le añade citrato sódico o ácido cítirico para evitar la coagulación.

Escaldado. El escaldado consiste en pasar la canal a través de un tanque lleno de agua entre 58 y 65ºC durante 3 a 6 minutos para que el retiro de las cerdas sea más fácil en el depilado y a la vez ablandar la pezuña.

Depilado. Para eliminar las cerdas de la piel y las uñas del cerdo se utilizan máquinas de depilado automático. Son subproductos las cerdas, uñas y restos de piel.

Chamuscado. Se quema la superficie de la canal de cerdo (mediante quemadores de gas u hornos automáticos durante 5 a 15 segundos a temperaturas de entre 900 y 1000º) para conseguir una piel más firme y libre de microorganismos para una mejor conservación.

Tratamiento exterior de la canal. Para el tratamiento externo final de la canal, las canales de cerdo se pasan a través de una máquina de raspado que eliminan las áreas negras de la canal por medio de un

conjunto de rodillos de caucho giratorios, similares a la unidad de depilado, con el fin de pulir la piel y eliminar el pelo de raíz y otros desechos. En algunos mataderos, el pulido adicional de la canal puede llevarse a cabo manualmente.

Evisceración. Se retiran a mano las vísceras rojas del cerdo (el hígado, el corazón, los riñones, los pulmones, y el bazo) y posteriormente, las vísceras blancas (los intestinos), con mucho cuidado para no contaminar la canal. Riñones, hígado y corazón son comercializados para alimentos de humanos, el páncreas se usa para la producción de insulida en la industria farmacéutica. Además, algunas grasas y recortes comestibles se pueden usar para producir grasa y manteca de cerdo. El resto son subproductos que se pueden usar en para producción de piensos, grasas, etc.

5.4.1.2.2 Conejos, rumiantes y solípedos

Sangrado. Es muy similar al caso de los cerdos. Por cabeza de bovino se recogen entre 10 – 20 litros de sangre.

Desollado. Es un procedimiento que se realiza aplicando aire a presión entre la piel y la carne del animal, facilitando así la separación de la piel y de la canal. Las pieles son materia prima para las curtidurías.

Eliminación de cabeza y pezuñas. La cabeza se separa del cuerpo, se lava, se inspecciona, luego se mezcla con el otro material de riesgo específico (MRE) y se desecha. Los cuernos y trozos de piel se desechan, mientras que las pezuñas con las pezuñas se fabrican fertilizantes, adhesivos, alimentos animales, etc.

Evisceración. Intestinos y estómago se extraen previamente a las las vísceras rojas, que van directamente a la inspección. Los despojos (primer estómago de bovinos y ovinos, pulmones, tráquea, etc) se usan para fabricar piensos. En esta operación, deben tenerse en cuenta los cuchillos utilizados, las manos del operador, los cortes o roturas del intestino, la salida rectal de las heces, etc., que son causas y orígenes de posibles contaminaciones.

5.4.1.2.3 Ganado avícola

Sangrado. Después del aturdimiento, el ave se desangra más dos minutos antes de ser escaldada. El sangrado puede iniciarse por un sistema automático de cuchillas circulares o cortando detrás de la mandíbula usando un cuchillo de mano. Por unidad, se recoge en promedio 70 ml de sangre.

Escaldado. Se realiza sumergiendo las aves en un tanque con agua caliente a pH 6, con la finalidad de ablandar los folículos de las plumas. Las aves destinadas a ser vendidas congeladas son generalmente escaldadas a una temperatura de 56-58 ºC. Sin embargo, las canales a ser refrigeradas por aire, para la venta en fresco, se escaldan a una temperatura de 50-52ºC consevar la piel en buen estado.

Desplumado. Se realiza inmediatamente después del escaldado, en máquinas de desplumado, que retiran las plumas de los folículos. Finalmente, las canales se limpian con duchas de agua

Las aspersiones continuas de agua generalmente se incorporan dentro de las máquinas con el fin de arrastrar las plumas separadas hacia el canal situado debajo de la máquina donde se transporta el subproducto hasta su lugar de recogida y posterior almacenamiento. Las plumas pueden comercializarse para su uso en compostaje, o se pueden coincinerar junto con los excrementos.

Evisceración. Patas y cabeza se retiran, y se evisceran colgadas de forma manual o mecánicamente. Es habitual que las vísceras unidas por su tejido natural cuelguen sobre la canal para que se realice el examen *post mortem*. Después, las vísceras se separan en comestibles (molleja, hígado y corazón) y en despojos no comestibles.

Esta etapa se lleva a cabo generalmente en una zona diferente de las operaciones de escaldado y desplumado, donde se controla la temperatura. Antes de empezar, se succiona y se colapsa la cloaca mediante pistolas que funcionan a vacío.

5.4.1.2.4 Preparación de la canal

Es la etapa en la que se corta la canal en dos piezas, se limpia y refrigera o congela, evitando así la proliferación de microorganismos. Si el matadero tiene una sala de despiece, las medias canales se

deshuesan y se dividen en partes más pequeñas de acuerdo con los requisitos del producto final. Se embala y almacena, quedando listo para su comercialización y expedición.
Esta etapa consta de las siguientes subetapas: partición de canal, lavado de canal, duchado (aves de corral), refrigeración/congelación, almacenamiento (si no hay sala de despiece), despiece y embalaje.

5.4.1.3 Postprocesado

5.4.1.3.1 Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales, como cualquier otra instalación, pueden ser enviadas y tratadas a una PTAR y posteriormente se vierte de acuerdo a la autorización de vertido, o se vierten a alcantarillado público cumpliendo también los requisitos de vertido. Por lo tanto en ambos casos debe llevarse a cabo algún tratamiento previo de las aguas residuales *in situ*, generalmente para al menos tamizar/eliminar materiales sólidos, aunque también se pueden realizar otros tratamientos fisicoquímicos. En la Tabla 5.3 se indican los tratamientos dependiento del tipo de emisión a tratar

Tabla 5.3. Técnicas para el tratamiento de aguas residuales en mataderos

	Sólidos	Orgánicos	Aceites grasas y manteca	Nitratos y amoníaco	Fósforo
Tratamiento primario					
Desbaste	■	■			
Separación de grasas	■	■	■	■	■
Tanque de homogeneización					
Flotación por aire disuelto	■	■	■		
Flotación por dispersión	■				
Flotación mecánica	■				
Coagulación/floculación/ precipitación		■	■	■	■
Sedimentación/filtración/ flotación		■	■		
Tratamiento secundario					

	Sólidos	Orgánicos	Aceites grasas y manteca	Nitratos y amoníaco	Fósforo
Tratamiento anaerobio, seguido de anóxico					
Lodos activos/laguna aireada					
Aireación extendida					
Nitrificación/ desnitrificación					
Tratamiento terciario					
Filtración/coagulación/ precipitación					

5.4.1.3.2 Gestión de subproductos y residuos

Los restos orgánicos potencialmente generados en este tipo de instalaciones suelen utilizarse como subproductos y no se consideran residuos (Tabla 5.4). Es el caso de excrementos en el confinamiento, sangre, cerdas, piel, cabeza, pezuñas y vísceras (Xunta de Galicia, 2006). En el caso de los subproductos, la clasificación, el transporte, almacenaje, manipulación, transformación y eliminación deben cumplir con las indicaciones del marco legal Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano (SANDACH).

Tabla 5.4. Tipo de subproducto y su posible destino final

Subproductos	Destino
Sangre	**Consumo humano** **Alimentación animal**
Pelos, piel, pezuñas, cuernos	**Abonos, colas, productos textiles, artículos de cuero, gelatina, fieltro, tapicerías, fabricación de cepillos y brochas, etc.**
Vísceras	**Uso comestible** **Alimento para animales** **Harina de carne** **Productos farmacéuticos**
Recortes de cabeza	**Productos cárnicos y embutidos**
Huesos	**Manteca para repostería** **Gelatina/harina de huesos** **Alimento para mascotas**
Plumas	**Grasas, compostaje, etc.**

Por otra parte, los mataderos, como cualquier tipo de actividad generan potencialmente una serie de materiales que si se consideran residuos por la legislación y que deben gestionarse adecuadamente siguiendo la jerarquía de gestión de residuos y haciendo uso de las herramientas de gestión adecuadas: residuos de envases y embalajes como plásticos, papel, palets de madera, vidrio, etc; residuos peligrosos como baterías, pinturas, lámparas fluorescentes, sustancias químicas, etc. Se almacenan en contenedores debidamente etiquetados hasta que un gestor autorizado los recoge; residuos de la PTAR: los lodos generados en el proceso de degradación biológica se almacenan y tratan dentro o fuera de la instalación con el fin de valorizarlos - fertilizante, inyección de tierra, etc.)

5.4.1.4 Operaciones auxiliares

El objetivo de este último paso es garantizar las condiciones higiénicas y técnicas de la maquinaria y las instalaciones.

5.4.1.4.1 Desinfección y limpieza

La limpieza se realiza con detergentes específicos en combinación con agentes de limpieza que requieren de un tiempo de reacción, además el agua para el lavado y enjuague debe tener una temperatura y presión adecuada, así como un tratamiento de la superficie adecuado mediante cepillos de escurrimiento y esponjas de secado. El objetivo principal de esta subetapa es la eliminación total de materiales sobre el cual los microorganismos puedan sobrevivir.
La limpieza y desinfección se realiza diariamente al final del proceso y después de la jornada laboral. La desinfección final servirá para eliminar las bacterias residuales

5.4.1.4.2 Mantenimiento de las instalaciones

Este apartado incluye las actividades dedicadas a garantizar que la instalación y todo su equipamiento funciona correctamente, así como las labores de arreglo y puesta a punto de equipos, especialmente los sistemas de calor y frío, la instalación eléctrica y térmicas, los vehículos de transporte internos y externos, la limpieza de las instalaciones, etc.

5.4.2 Aspectos ambientales potenciales

Los principales problemas medioambientales para los mataderos son el consumo de agua, la descarga de efluentes líquidos con ACO, el consumo de energía asociado a la refrigeración y el calentamiento del agua, y la infectividad en relación con los materiales de riesgo de Encefalopatía Espongiforme Transmisible. La emisión de COV que producen olores desagradables es un aspecto muy relevante en este tipo de plantas (especialmente en las etapad de almacenamiento y en la PTAR). El ruido producido por la actividad del ganado puede causar también problemas locales, a parte de los olores (EPA, 2008). A continuación, se describen las principales entradas y productos del proceso general de matadero, así como los posibles impactos ambientales derivados.

5.4.2.1 Consumos

Materias primas. Los animales son la materia prima para obtener productos cárnicos.

Agua. Según De Sena et al., entre las instalaciones de procesado de alimentos y bebidas, la industria de procesado de carne es una de las principales consumidoras de agua dulce, lo que convierte a los mataderos en un generador importante de aguas residuales (2009). Los metros cúbicos por tonelada de canal consumidos difiere dependiendo del tipo de matadero (CE, 2005): de 5 a 67 en el caso de avícolas; de 1,6 a 8,3 en el caso de porcino; de 1,6 a 9 en el caso de bobino; y de 5,5 a 8,3 en el caso de ovino. En cuanto a la temperatura de uso del agua, esta es muy variable dependiendo de la etapa: el 30,6 % del agua consumida lo es entre 4-7 ºC; el 24% lo hacen a 40ºC (limpieza de superficies y sacrificio), y el 25% a 55ºC (que incluye la limpieza de las partes del canal) (CE, 2005)

El tipo de instalación y el grado de automatización produce diferencias en cuanto a la cantidad de agua utilizada para limpieza. La cantidad de producción de una planta particular es un factor importante a la hora del consumo de agua en operaciones diferentes a la limpieza. (Xunta de Galicia, 2006). En las Figura 5.4 y Figura 5.5 se presentan algunos datos sobre la distribución del consumo de agua

en función de la operación unitaria de un matadero avícola y un matadero porcino, respectivamente.

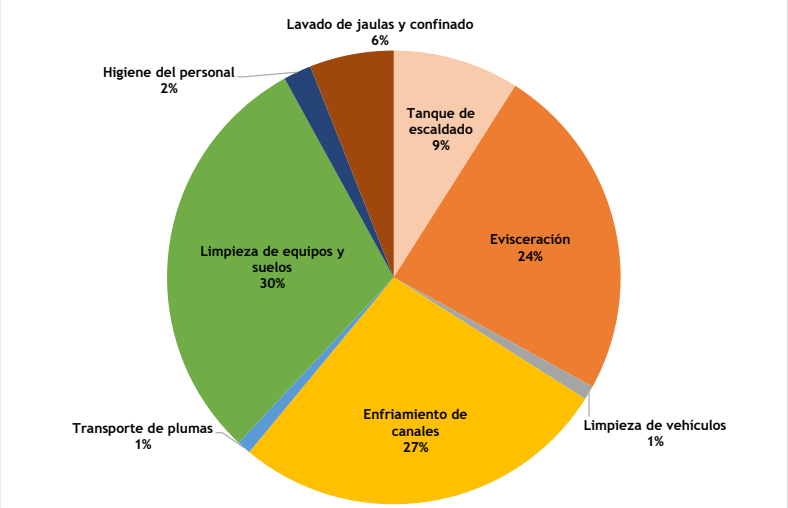


Figura 5.4. Balance típico de agua para mataderos avícolas

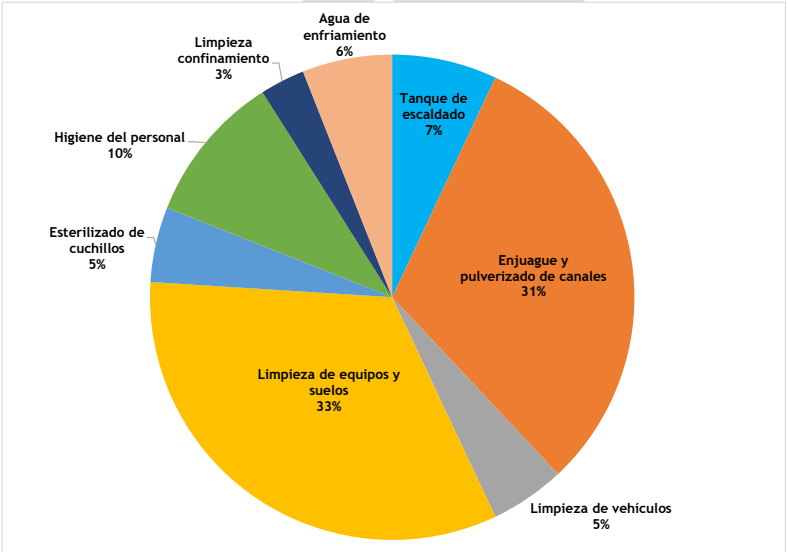


Figura 5.5. Balance típico de agua para mataderos de porcino

Energía y combustible. El proceso de mayor consumo de energía eléctrica en los mataderos es la refrigeración. Otras áreas de uso de energía incluyen calefacción de agua, generación de vapor y operación de maquinaria utilizada en el transporte, aturdimiento, despiece, depilado, desplumado, limpieza y refrigeración (EPA, 2008)

Aproximadamente, el 80-85% de toda la energía es energía térmica de la combustión de calderas a partir de combustibles fósiles (gas natural, fuel oil, etc) incluyendo el uso de sistemas de cogeneración. El resto de energía utilizada, 15-20%, es energía eléctrica utilizada en sistemas de refrigeración y equipos de operación (Xunta de Galicia, 2006). La distribución del consumo de energía de un matadero porcino es muy variable por actividad (Tabla 5.5)

Tabla 5.5. Consumo de energía eléctrica y térmica (PNUMA, 2000)

	Actividad	Porcentaje del total (%)		Actividad	Porcentaje del total (%)
Energía eléctrica	Refrigeración	59	Energía térmica	Renderización	42
	Sala de calderas	10		Pérdidas en caldera	25
	Procesado de subproductos	9		Agua caliente	14
	Área de sacrificio	6		Escaldado del cerdo	3
	Aire comprimido	5		Tratamiento de la sangre	6
	Área de deshuesado	3		Otros	10
	Otros	8			

El promedio de consumo específico de electricidad en un matadero polivalente es de 85 kWh/t de canal, con un rango de 36-154 kWh/t de canal. En el caso de la energía térmica el promedio es 322kWh/t de canal. En un matadero de porcino está entre 280 y 380 kWh de energía total/tonelada de canal, siendo un tercio energía eléctrica y dos tercios térmica (CE, 2005).

Productos químicos (Tabla 5.6). Principalmente en las operaciones de limpieza y desinfección se utilizan los productos químicos. Siendo los más utilizados los detergentes (ácidos, alcalinos

y neutros), desinfectantes (hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno, etanol, ácido peracético, formaldehído y compuestos cuaternarios de amoníaco, todos en solución acuosa) y keroseno (CE, 2005). El amoniaco y algunos hidrocarburos halogenados se suelen utilizar como refrigerantes para los equipos de fríao (Xunta de Galicia, 2006). Para el mantenimiento de equipos se usan aceites minerales, grasas y disolventes, así como cloro, hipoclorito y floculantes para la PTAR.

Tabla 5.6. Agentes de limpieza en matadero (CE, 2005)

Tipo de agente de limpieza (detergente)	kg por ton de canal
ácido	0,14
alcalino	0,53
neutro	0,04
desinfectante	0,20

5.4.2.2 Emisiones

Emisiones gaseosas. En este tipo de instalaciones las emisiones gaseosas más características son emisión de partículas proveniente del movimiento de los animales (PM, PM10, PM2,5, etc); las emisiones de CH_4, PM10 y NH_3 debidas a la actividad biológica de los animales y de la PTAR; y los COV de todas las actividades incluyendo la PTAR. El resto de las emisiones potenciales proceden de fuentes típicas en cualquier instalación industrial tales como los equipos de combustión de combustibles con la emisión de CO, SO_2, CO_2, NO_x. etc. y vapores procedentes desde el uso de desinfectantes hasta vehículos o lavado de canales, así como partículas procedentes de la manipulación de animales, fugas de los sistemas de refrigeración y congelación (HCFC y NH3) de. Las emisiones de la PTAR (CO2 y CH4, principalmente), que pueden utilizarse como biogas para obtener energía (CE, 2005; Junta de Andalucía, 2017; Xunta de Galicia, 2006). En la Tabla 5.7 se muestran los datos de emisiones de un matadero porcino (CE, 2005)

Tabla 5.7. Rango de emisiones gaseosas de mataderos de cerdos (CE, 2005))

Sustancias emitidas	Rango de emisiones por tonelada de canal (kg)
CO_2	22-200
SO_2	0,4 -1,1
NO_x	0,29-0,52

Emisiones al agua (Tabla 5.8). El volumen de agua residual generada en un matadero es del 80 al 95% del agua total utilizada en el proceso; el resto (15 a 20%) se encuentra en los subproductos, residuos y una parte se pierde por evaporación.

Las características del agua residual son: (i) elevada carga orgánica; (ii) elevado contenido en grasa; (iii) elevada temperatura; (iv) pH variable; y (v) elevada concentración de nitrógeno, fósforo y sales (PNUMA, 2000a). Dependiendo de las medidas preventivas y MTD que los mataderos tengan implementadas, la concentración de contaminantes variará de un matadero a otro (Xunta de Galicia, 2006).

Tabla 5.8. Características generales de las aguas residuales del matadero

Parámetro	Aves[a]	Cerdos[b]	Bovinos[b]	Polivalente[b]	Promedio[c]	Nivel alcanzado[d]
COT (mg/L)	-	-	-	-	862	-
DBO_5 (mg/L)	916	1250	2000	-	2649	<10-75
DQO (mg/L)	1799	2500	4000	2000	5577	-
SST (mg/L)	390	700	1600	600	3092	<30-60
NT (mg/L)	-	150	180	<300	156	≤15-65
PT (mg/L)	-	25	27	<10	42,8	2
Aceites y grasas (mg/L)	-	150	270	<350	-	-
Color (mg/L escala Pt/Co)	-	-	-	-	298	-
Turbidez (UAF[d])	-	-	-	-	275	-
pH	-	7,2	7,2	8	6,5	-

[a](EC, 2005); [b]PNUMA, 2000a; [c] Bustillo-Lecompte and Mehrvar, 2015; [d]después del tratamiento o en PTAR (EC, 2005); [e]Unidad de Atenuación de Formacina

Residuos (Tabla 5.9). Los residuos sólidos generados en mataderos suelen ser provenientes del lavado de camiones; del lugar

de confinamiento; de los subproductos animales; de los lodos de las PTAR; materiales de embalaje tanto limpios como contaminados; la ropa y equipo de protección (CE, 2005)

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.9. Tipología y gestion de residuos en mataderos

Etapa	Tipo	Residuo	Código LER[a]	Gestión	Disposición final[b]
Operaciones previas	Excrementos y paja de las camas	Heces de animales, orina y estiércol (incluida paja podrida), efluentes recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan	02 01 06	Tratamiento o gestor autorizado	R3/R10
	Purines		02 01 06		
Sacrifico y preparación	Pelo, piel y pezuñas del escaldado	Residuos de tejidos de animales	02 02 02	Subproductos o gestor autorizado	R3/R1
	Pieles del desollado				
	Plumas				
	Restos de cerdas y piel chamuscado				
	Restos de alimentos del estómago	Residuos orgánicos distintos de los especificados en el 16 03 05	16 03 06	Gestor autorizado	R3/D8/D9/D5
	Residuos de vísceras decomisados	Materiales inadecuados para el consumo o elaboración	02 02 03		R3/R1
Preparación de canales	Restos de animales en agua	Residuos orgánicos distintos de los especificados en el 16 03 05	16 03 06		R3/D8/D9/D5
	Restos del despiece	Residuos de tejidos de animales	02 02 02		R3/R1
	Carne, huesos y canales no aptos	Materiales inadecuados para el consumo o elaboración	02 02 03		
	Residuos de envasado	Envases de papel y cartón	15 01 01		R3/R1/R13
	Residuos de envasado	Envases de plástico	15 01 02		R3/R1/R13
	Palés	Envases de madera	15 01 03		R3/R1
Postprocesado	Residuo de tratamiento de efluentes	Lodos del tratamiento in situ de efluentes	02 02 04		R3/R10/R13
Limpieza (limpiares	Toner	Residuos de tóner que contienen sustancias peligrosas	08 03 17*		R3/R5/D5

Etapa	Tipo	Residuo	Código LER[a]	Gestión	Disposición final[b]
	Papel de oficina	Papel y carton	20 01 01	Asimilables a domésticos	R3/R13
	Recipientes	Envases de plástico	15 01 02		R3/R1
	Recipientes	Envases de vidrio	15 01 07		R5/D5
	Batas y guantes de laboratorio	Absorbentes, material de filtración, trapos, ropas protectoras	15 02 03	Asimilables a urbanos	R1/R4/R7/D9/D5
	Contenedor para sustancias peligrosas	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	15 01 10*	Gestor autorizado	R3/R4/R1/D9/D5/R5/R12/R13
	Restos de animales (cabeza, víscera)	Residuos con requisitos especiales para prevenir infecciones	18 01 03*		D9/D10/D15
	Iluminación con fluorescentes	Tubos fluorescentes y otros residuos que contienen mercurio	20 01 21*		R4/R12
	Piezas usadas no peligrosas	Equipos desechados distintos de códigos 16 02 09 a 16 02 13	16 02 14	Gestor autorizado	R3/R4/R5/D9/D5
	Materiales impregnados con aceites	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos filtros de aceite), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados	15 02 02*		R3/R4/R7/R1/D9/D5/R12
	Piezas usadas peligrosas	Componentes peligrosos retirados de equipos desechados	16 02 15*		R3/R4/D9/D5
	Líquidos del mantenimiento equipo	Residuos líquidos acuosos que contienen sustancias peligrosas	16 10 01*		D8/D9
	Aceites lubricantes para los equipos	Aceites minerales de motor, transmisión mecánica y lubricantes	13 02 05*		R9/R1/R13
	Aceites lubricantes para los equipos	Aceites sintéticos de motor, de transmisión mecánica	13 02 06*		R9/R1/R13
	Contenedores para aceites lubricantes usados	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	15 01 10*		R3/R4/R1/D9/D5

Etapa	Tipo	Residuo	Código LER[a]	Gestión	Disposición final[b]
	Equipos eléctricos y electrónicos	Equipos eléctricos y electrónicos desechados, distintos de los códigos 20 01 21 y 20 01 23, que contienen componentes peligrosos	20 01 35*		R3/R4/D9/D5/R13
	Material de laboratorio	Productos químicos de laboratorio que consisten en o contienen, sustancias peligrosas, inc. mezcla de químicos de laboratorio	16 05 06*		R2/R3/D9/D10/D5

[a] Decisión de la Comisión 2014/955/EU (UE, 2014)
[b] Directiva 2008/98/EC (CE, 2008b), transpuesta al marco legal española por la Ley 22/2011 (Gobierno de España, 2011a)

El estiércol semilíquido generado a partir de animales contiene cobre y zinc, que representan un riesgo potencial de contaminación (véase la Tabla 5.10)

Tabla 5.10. Emisiones en mataderos porcinos en mg/ton (CE, 2005)

Tipo de residuo	sólidos	líquidos	Total
Cobre	0,40	0,60	1,00
Zinc	1,00	1,40	2,40

Otros. Los ruidos y las vibraciones son emisiones generadas en los mataderos, debido principalmente al funcionamiento de los equipos y maquinarias, en la etapa del transporte y de la recepción. Otro tipo de emisión son los olores generados, esto se da si la renderización de los subproductos tiene lugar en la misma planta y las aguas residuales no se gestionan eficientemente. Los sistemas de tratamiento biológico más utilizados para tratar el efluente del matadero son otra fuente común de olores (PNUMA, 2000a)

5.4.2.3 Impactos ambientales

La Figura 5.6 muestra una visión general de todas las emisiones potenciales a los diferentes medios producto de la actividad en mataderos.

5.5 DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

5.5.1 Selección de plantas

Se han seleccionado cinco plantas distribuidas por territorio gallego. Se trata de mataderos afectados por el epígrafe 6.4a del anexo I de la Ley PCIC y el epígrafe 8.a del anexo I del Reglamento *PRTR*. Estas plantas estaban afectadas por la normativa PCIC ya en una primera fase por la que cuando se aprobó la Ley 5/2013 ya disponían de una AAI, y tuvieron que actualizarla, haciéndolo antes de 2015. Sus AAI actuales en vigor deberán ser revisadas una vez se publique el nuevo BREF de mataderos y las conclusiones de las MTD correspondientes

(la revisión ya ha comenzado) y en los 4 años siguientes (Gobierno de España, 2013a). Los criterios para la selección de plantas son:

- Plantas afectadas por el Real Decreto Legislativo 1/2016 con permiso ambiental vigente (Gobierno de España, 2016)
- Plantas con AAI afectadas por la DEI (PCIC) (UE, 2010)
- Plantas afectadas por el Reglamento 166/2006/CE *E-PRTR* transpuesto al Real Decreto 508/2007 (CE, 2006a; Gobierno de España 2007a, 2013b, 2017a)

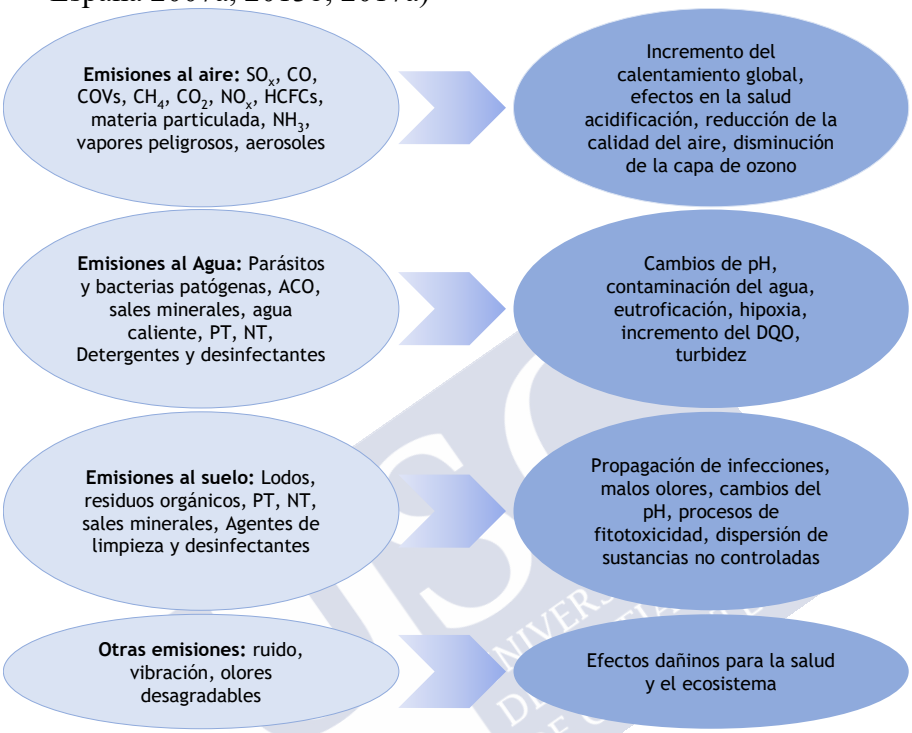


Figura 5.6. Esquema de emisiones y efectos potenciales asociados a la actividad

5.5.2 Recopilación de datos

El comportamiento ambiental de estas plantas se ha analizado utilizando los permisos ambientales de cada una de ellas disponibles en la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de Galicia (Xunta de Galicia, 2018), estos documentos han dado

información de los consumos, las emisiones y las MTD ya implementadas. Por otro lado, también se ha utilizado la información pública sobre las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo de sustancias contaminantes y los datos sobre las transferencias de residuos de estas instalaciones industriales en *PRTR*-España (Gobierno de España, 2018)

Los datos cualitativos y cuantitativos adquiridos de cada planta se desarrollan en los siguientes puntos de este capítulo, con el fin de analizar su comportamiento ambiental basado en las MTD aplicadas.

Solamente la Planta A realiza la valorización de los subproductos, las otras plantas colocan los subproductos en contenedores etiquetados como MER de categoría 2 y categoría 3, los cuales son recogidos por un gestor autorizado que se encarga de la eliminación y tratamiento final. Solamente las plantas B y E realizan la descarga de sus efluentes de agua tratada a un río, las otras plantas vierten en el sistema de alcantarillado municipal que lleva a la PTAR pública.

5.6 ANÁLISIS CUALITATIVO

A partir de la información en las AAI, las características de cada planta se describen brevemente a continuación. Además, en la Figura 5.1, se proporciona un diagrama de flujo para cada proceso productivo, a partir del cual se identifican cualitativamente los flujos principales de entrada y salida.

5.6.1 Planta A

Esta planta es un matadero de aves de corral y con las instalaciones y procesos que se explican a continuación.

a) Sacrificio y sala de despiece. Después de la recepción, las aves de corral son extraidas de sus jaulas, pesadas y colgadas manualmente para proceder a su aturdimiento en tanques de agua eléctrica y su sacrificio (automática o manualmente). A continuación, la canal se escalda y se despluma, para poder proceder a la extracción automática de las vísceras. Las piezas se colocan en cajas y van a la cámara de refrigeración, aquí se almacena según el producto final, en base al peso, el tipo de embalaje y el etiquetado. Algunas canales están destinadas a una división final y posterior refrigeración, envasado y

almacenamiento. Los excrementos de pollo son enviados a la PTAR, donde el lodo tratado es gestionado por un gestor autorizado.

b) Planta de transformación de subproductos. La sangre y plumas son subproductos de categoría 2, éstas se llevan a un digestor para obtener alimento balanceado para animales. Mientras que los despojos, como cabezas, canales o patas inadecuadas, y otros residuos son recogidos por un gestor autorizado.

c) PTAR. Los efluentes se filtran, pasan por un tanque de homogenización, un sistema de flotación, un reactor biológico y porteriormente se decantan. Los lodos generados son tratados mediante un sistema de deshidratación por floculación en un decantador centrífugo

d) Otros procesos e instalaciones: una zona de lavado de camiones y jaulas, una cámara de conservación, un túnel de refrigeración rápida, compresores de aire y condensados de evaporación, una zona de expedición, un sistema fluvial para el suministro de agua, un laboratorio microbiológico, oficinas y un vestuario.

5.6.2 Planta B

Este matadero fue de bovinos hasta el 2015 y en la actualidad es un matadero porcino, la planta tiene las siguientes áreas

a) Sacrificio y sala de despiece. Después que se duchan a los cerdos, son aturdidos, colgados y sangrados mediante punción en la yugular. Terminado el sangrado, se escaldan las canales, se depilan y lavan para retirar las cerdas, se cortan y estabilizan durante 24 horas. Las canales están listas para comercializarse, refrigerarse o llevarlas a la sala de despiece. Los subproductos generados son recogidos por un gestor autorizado.

b) Planta de producción de productos alimenticios, donde se lleva a cabo la transformación de canales. Los productos finales son elaborados frescos y congelados (como filetes o carne en escabeche envasados en bandejas o cajas), productos cocidos (carne picada para relleno/enlatada, ahumado/cocinado, almacenado o refrigerado productos precocinados y en conserva (como paté, fabada, callos o albóndigas) y envases de productos curados (fiambre o piezas

enteras). Una empresa externa independiente se encarga de la limpieza intestinal, que se realiza en un área habilitada dentro del matadero

c) PTAR. Las aguas residuales del matadero se filtran, se elimina la arena, se homogenizan, floculan y finalmente se deshidratan los lodos.

d) Auxiliares. Este matadero tiene dos calderas que generan el vapor necesario, cuenta con un sistema de generación de frío, un sistema de aire comprimido, un área de limpieza de camiones, condensadores evaporativos, una lavadora para recipientes de plásticos, un área de servicio médico, una bomba para gasoil y un laboratorio.

5.6.3 Planta C

Este matadero es de sacrifico de cerdos y reses y lleva a cabo su actividad en las instalaciones indicadas posteriormente.

a) Procesamiento y sacrificio. Posterior a la recepción, confinamiento y aturdimiento eléctrico, el animal es colgado y transportado a la zona de sangrado. Los cuernos, las orejas, las extremidades y la piel se retiran, así como la cabeza, el rabo y las pezuñas, con el fin de proceder a la evisceración. Sólo en el caso de los cerdos, se realiza el chamuscado de la canal, para darle un mejor aspecto a la piel y eliminar microorganismos. Las canales se cortan en dos mitades y se lavan para eliminar restos de vísceras y piel. Finalmente, las canales se pesan y clasifican de acuerdo con el producto final. Los productos generados son canal de cerdo y bovino, tripa e intestino comestible y residuos no comestibles como cuero de res y sebo.

b) Despiece (sala) y preparación de cárnicos. Las canales de animales se dividen y se deshuesan para proceder a su posterior limpieza, almacenamiento congelado y embalaje. Los productos obtenidos del despiece son: carne de res y cerdo deshuesadas, grasas frescas y huesos. De la sala de preparados cárnicos se obtiene: Productos frescos y carne picada, productos salados y curados, productos cocidos y asados, y de los subproductos alimentos para mascotas. Todos los residuos orgánicos y subproductos generados durante las operaciones anteriores se envían según el procedimiento adecuado a un gestor autorizado.

c) PTAR. Incluye las operaciones de tamizado, filtración por malla metálica, homogeneización, bombeo a tratamiento biológico con regulación de caudal, coagulación y floculación, flotación, espesado de lodos, tratamiento biológico por lotes en reactor aerobio, desnitrificación en condiciones anóxicas, decantación secundaria y filtración biológica.

d) Auxiliares. Este matadero cuenta con una planta de cogeneración donde hay dos generadores de energía eléctrica, tres motores de combustión interna alternativos, tres transformadores, una sala de almacenamiento en frío, almacenes, oficinas, un vestuario y una lavandería.

5.6.4 Planta D

Hasta 2013 tenía procesado de equinos, actualmente es exclusivo para reses.

a) Preparación y sacrificio. Tienen por norma recibir los animales por la tarde y sacrificarlos a la mañana siguiente. Los animales son aturdidos con pistola de bala cautiva, y se realiza la incisión en la arteria carótida, la sangre se recoge y envía a un gestor autorizado. El animal es colgado para la extracción de la piel, la cabeza y las pezuñas. Los subproductos se clasifican en categoría 1 (cabeza y amígdalas), categoría 2 (vísceras rojas, como el hígado y las vísceras del tórax) y categoría 3 (las vísceras blancas, como el intestino). La columna vertebral y la médula (categoría 1) también se retiran de la canal para proceder a su corte en dos medios canales utilizando una sierra eléctrica. Los subproductos son encargados a un gestor autorizado.

b) Sala de despiece y expedición. Según el producto deseado (con hueso o sin hueso), las canales se cortan, se lavan, almacenan y refrigeran. Posteriormente, se colocan en envases de plástico y embalan en cajas.

c) PTAR. El tratamiento consiste en filtración mediante una rejilla de desbaste, homogeneización, tratamiento fisicoquímico y proceso FAD, tratamiento biológico por lodos activados (LA), decantación y filtros de arena. Los lodos resultantes son valorizados y utilizados en la agricultura como fertilizante.

d) Otras instalaciones y equipos. Sala de calderas, lavandería (con lavadoras, centrífugas y secadoras), equipos con agua a presión o aire comprimido (como bombas y compresores), maquinaria de transporte interno (transportadores diesel, carretillas eléctricas y manuales), máquinas de limpieza, básculas y una máquina de limpieza de intestinos.

5.6.5 Planta E

Esta planta es un matadero de aves de corral que cuenta con las siguientes que se explican a continuación.

a) Sala de sacrificio. Las aves de corral son extraídas de las jaulas para ser colgadas de las patas en ganchos.-Posteriormente, son aturdidas en tanques de agua electrizada y sacrificadas mediante sangrado por un corte en el cuello. A continuación, son escaldadas, desplumadas mecánicamente y lavadas, para poder proceder a la extracción de las vísceras. Las canales de aves se limpian, se colocan en cajas y almacenan en las cámaras de refrigeración de acuerdo al destino final. Sin embargo, algunas requieren un despiece final, posterior refrigeración, embalado y alamacenamient.

b) PTAR. Consiste en un tanque de homogeneización, un proceso FAD, un tratamiento biológico por Reactor Biológico Secuencial (RBS), eliminación de fósforo, una decantación y una filtración final. Los lodos son retirados por un gestor autorizado.

c) Procesos auxiliares: un área de lavado de camiones y jaulas, una planta generadora de vapor sin depuración del gas, un sistema de generación de frío por compresores eléctricos, una planta generadora de aire (dos compresores con un filtro deshumidificador integrado), un centro de transformación de energía eléctrica, una planta de tratamiento de agua capturada (mediante perclorato, antracita-sílex y filtros de carbón activo y radiación UV), un sistema de recogida de aguas pluviales, un laboratorio microbiológico, un aparcamiento, una tienda, así como un vestuario y una oficina.

5.7 ANÁLISIS CUANTITATIVO

Los niveles de consumo, emisiones al aire y al agua, y los residuos generados en cada planta se han obtenido de las autorizaciones

ambientales integradas y del PRTR español, por tanto lo contaminantes tenidos en cuenta son los que tienen un VLE fijado en dichos documentos.

Los valores de emisión no se recogen en las AAI y no siempre aparecen en el PRTR, esto se debe a que algunas instalaciones no declaran las emisiones ni los residuos si éstos no alcanzan la cantidad mínima (umbral de información) establecida en el PRTR (Tabla 6.2), sin embargo, otras instalaciones informan sobre sus emisiones, aunque no superen el umbral de información, pero no se publican en este registro público. Por otro lado, las emisiones no disponibles se han calculado usando factores de emisión y los datos de actividad de cada planta seleccionada. Un factor de emisión es un valor que relaciona la emisión de un contaminante con un nivel de actividad que se puede medir fácilmente; tales como la entrada del proceso (por ejemplo, materia prima o masa de combustible, volumen, poder calorífico, etc.), el funcionamiento del proceso (por ejemplo, horas de trabajo) o las salidas del proceso (por ejemplo, masa o número de productos) (Saarinen, 2003).

Los resultados de este análisis se muestran en las Tabla 5.11, Tabla 5.12, Tabla 5.15 y Tabla 5.17. Los factores de emisión utilizados han sido recompilados de la bibliografía y recogidos en las Tabla 5.13, Tabla 5.14 y Tabla 5.16. A grandes rasgos y refiriéndose a un año de producción, las plantas con mayor fabricación de canales tienen mayores consumos. Pero no se puede afirmar lo mismo de las emisiones al aire y al agua, puesto que dependerá de la eficacia de cada planta, del correcto uso de sus recursos y de la gestión eficaz de los impactos. En la Figura 5.7, Figura 5.8, Figura 5.9 y Figura 5.10, se puede observar una comparación entre plantas en base a 1 tonelada de canal de carne producida.

5.7.1 Consumos

Debido a que no es obligatorio declarar los datos de consumo, éstos no aparecen en los registros públicos. En las AAI sólo aparecen las cantidades consumidas de materia prima como agua y fuentes de energía, y no de los materiales auxiliares (por ejemplo, envases o productos para la PTAR, productos de limpieza y matenimiento, entre

otros). Es por ello que los datos de consumos se han calculado a partir de estimaciones de datos disponibles de las otras plantas seleccionadas y de datos de actividad específicos de cada planta, como capacidad de producción Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Entradas y capacidad de producción para cada planta (Xunta de Galicia, 2018)

Consumos	Unidad por año	Planta				
		A[2013]	B[2014]	C[2011]	D[2014]	E[2012]
Materia primas	Animales	9634617	629061	5572	41000	22617878
Electricidad	MWh	3028	14400	3000	2574	6598
Envases/ embalajes	unidades	12510082	183484071[b]	1374	343770	35271578
Agua	m^3	204500	470000	50000	88341	208 000
Fueloil		213	53	73	0	650
Gasoil		0	0	160	0	845
Gas natural		0	1854701	427	270796	0
Detergentes	kg	6690	47898[a]	8000	6900	24600
Refrigerantes		2175[b]	5574[b]	910	1379[b]	3231[b]
Aceites lubricantes		8870 [b]	22732[b]	7200	5624 [b]	1200
Productos de PTAR		48335	119988[b]	19587 [b]	29689 [b]	102545
Capacidad de producción	t	19429	49790	8128	12320	28865

[a]Datos calculados sobre la base de 0,96 kg de detergente utilizado por tonelada de canal (CE, 2005-Tabla 3.21)
[b]Datos estimados a partir de la media de datos disponibles en las autorizaciones ambientales integradas de otras plantas.
[c]Datos estimados de datos disponibles en las autorizaciones ambientales integradas (capacidad de producción máxima y grados de uso)
Nota: todos los datos pertenecen al año de la primera autorización ambiental integrada, junto con el nombre de cada planta.

5.7.2 Emisiones al aire

Los principales contaminantes se originan por el uso de combustibles fósiles (como fueloil o gas natural), en las PTAR, como fugas de químicos gaseosos de los equipos de refrigeración y en el tratamiento de los subproductos. Los olores también se consideran emisiones de fuentes difusas.

Aunque las autorizaciones ambientales integradas no se refieren las emisiones procedentes de la gestión del estiércol y del metabolismo animal (NH_3, CH_4 y PM10 como resultado del tiempo en que los animales permanecen vivos en la planta) ni a las procedentes del uso de energía (CO_2) ni las derivadas de la gasolina en los vehículos de transporte, éstas si se han considerado en este análisis (véase la Tabla 5.12). Debido a la escasez de información sobre el tipo de refrigerantes usados y las características de los equipos, no se ha considerado este tipo de emisiones. La contaminación derivada de los olores producidos tampoco se ha tenido en cuenta.

Tabla 5.12. Emisiones al aire notificadas desde *PRTR* y calculadas (Eij) para cada planta (kg/año)

Contaminante	Planta				
	A[2013]	B[2014]	C[2011]	D[2014]	E[2012]
COVNM	43	4378	1022	639 17 (M) [a]	131
SO_x	1194	52 2410 (M) [a]	624	3 130 (M)[a]	3639 430 (M)[a]
NO_x	853	31660 5410 (M)[a]	11681	4619 1080(M)[a]	2624 159 (M)[a]
CO	341	20788 309 (M)[a]	7394	3034 60 (M) [a]	1055 6100 (M)[a]
CO_2	661064	4403971	1643937	640765 1690000 (M)[a]	2015964
PM_{10}	1124744	15730213	21644	181 843 24 (C)[a]	91506606
CH_4	4991681	$324738 \cdot 10^6$	934060961	48491531 8 (C)[a]	26523430
NH_3	54908208	445457050	681793	9024810 10 (C)[a]	291756874 195 (M)[a]
As	0,0085	0,0041	0,0038	0,0006 0,00087 (C)[a]	0,0013
Cd	0,0026	0,0003	0,0009	0,0003	0,0001

Contaminante	Planta				
	A[2013]	B[2014]	C[2011]	D[2014]	E[2012]
				0,0049 (C)[a]	
Hg	0,0009	0,0078	0,0021	0,0011 0,0011 (C)[a]	0,0026
Ni	1,7055	0,0465	0,5831	0,0006 0,0092 (C) [a]	0,0013

[a] Datos disponibles en el PRTR español correspondientes al 2016 (M: medidos, C: calculados, E: estimados)
Nota: el resto han sido calculados (C) a partir de los factores de emisión recogidos en la tabla 5.14 y 5.15, y que pertenecen a años diferentes para cada planta, como aparece junto con el nombre de la planta.

Los factores de emisión usados para las emisiones al aire de los combustibles y del suministro de electricidad se observan en la Tabla 5.13. El cálculo de las emisiones está referido al combustible y a la electricidad consumidos en un año, para ello se ha utilizado la Ecuación 5.1.

$$E_{ij} = f_i \cdot M_j \quad \text{(Ecuación 5.1)}$$

siendo:

- E_{ij} (kg/año): emisión de contaminante i en la planta j,
- f_i (unidad másica por GJ): factor de emisión para el contaminante i
- M_j (GJ/año): masa de combustible quemado o electricidad consumida en la planta j

Tabla 5.13. Valores de cada factor de emisión (f_i) asociado al contaminante atmosférico (uso de la energía)

		f_i					
Sustancia	[a]	Fueloil	Fuente	Gas natural	Fuente	Gasolina[b]	Fuente
COVNM	g/GJ	5	AEM, 2017b	56	EPA, 2000a	-	-
SO_x		140		0,281		36	EPA, 2000b
NO_x		100		405		695	
CO		40		266		422	
CO_2	kg/GJ	77	IPCC, 2006a	56	IPCC, 2006a	69	IPCC, 2006a
PM_{10}	g/GJ	40	AEM, 2017b	0,037	EPA, 2000a	43	EPA, 2000b
CH_4		3	IPCC,	1	IPCC,	3	IPCC,

		f_i					
Sustancia	[a]	Fueloil	Fuente	Gas natural	Fuente	Gasolina[b]	Fuente
			2006a		2006a		2006a
As	mg/GJ	1	AEM, 2017b	0,05	Nielsen et al., 2010	-	-
Cd		0,3		0,003			
Hg		0,1		0,1			
Ni		200		0,05			
Electricidad			Fuente				
CO_2	kg/GJ	95	ECM, 2011	-	-	-	-

[a]masa/GJ por kg of contaminante por GJ de energía consumida por año. Previamente, se han realizado los cambios de unidades respectivos: de m^3 de combustible fósil consumido a unidades de energía (utilizando el poder calorífico superior) y a partir de los kWh de electricidad consumidos a unidades de energía (GJ). [b]Factores de emisión dados en lb/MMBtu, se han aplicado los factores de conversión siguientes 1lb=0,45 kg, 1MWh=3,41 MMBtu, 1kWh=3,6 MJ

Los factores de emisión relacionados a la gestión del estiércol, la fermentación entérica animal y la PTAR se muestran en la Tabla 5.14. Para el cálculo se considera que un año tiene 250 días laborables y que los animales permanecen vivos durante 8 horas de cada día laborable. La Ecuación 5.2 sirve para realizar el cálculo de las emisiones de contaminantes basándose en el número de animales sacrificados en un año.

$$E_{ij} = F_i \cdot (1\ año/250x24h) \cdot 8h \cdot M_j \qquad \text{(Ecuación 5.2)}$$

Siendo:

- E_{ij} (kg/año): emisiones de contaminantes *i* en la planta *j*
- F_i (kg/animales-año) es el factor de emisión de contaminante *i*,
- M_j (animales/año) es la cantidad de animales sacrificados en la planta *j*

Las emisiones generadas en la PTAR se calculan mediante el volumen de efluentes finales tratados y para ello se utiliza la Ecuación 5.3.

$$E_{ij} = F_i \cdot W_j \qquad \text{(Ecuación 5.3)}$$

Siendo:

- E_{ij} (kg/año) son las emisiones de contaminante *i* en la planta *j*
- F_i (mg/m^3) es el factor de emisión para el contaminante *i*
- W_j (m^3/año) es la cantidad de aguas residuales tratadas en la planta *j*

Tabla 5.14. Factores de emisión para contaminantes al aire en relación con el confinamiento animal y PTAR

		F_i					
Contaminante	**Unidad**	Gestión de estiércol	Ref.	Fermentación entérica	Ref.	PTAR	Ref.
NH_3 por año	kg/ave	0,22	AEM, 2015	-	-	-	-
	kg/cerdo	10,67		-	-	-	-
	kg/vaca	13,4		-	-	-	-
CH_4 por año	kg/ave	0,02	IPCC, 2006 b	NA	IPCC, 2006 b	-	-
	kg/cerdo	12		1,5		-	-
	kg/vaca	15		57		-	-
PM_{10} por año	kg/ave	0,07	AEM, 2015	-	-	-	-
	kg/cerdo	0,37		-	-	-	-
	kg/vaca	0,27		-	-	-	-
COVNM	mg/m^3	-	-	-	-	5	AEM, 2016

5.7.3 Emisiones al agua

El efluente final de un matadero se caracteriza por la alta carga orgánica generada en el lavado de canales, el tanque de escaldado y la limpieza de superficies.

Todos los valores se refieren a las aguas residuales ya tratadas en la PTAR de cada instalación, es decir, la concentración de contaminantes en el efluente final antes de su descarga en el lecho natural del río o en el sistema de alcantarillado municipal (véase la Tabla 5.15. Del mismo modo, las emisiones notificadas al *PRTR*-España han sido medidas directamente (M), calculadas (C), o estimadas (E), por las empresas y validadas por la administración competente.

Tabla 5.15. Emisiones al agua notificadas desde *PRTR* y calculadas (Eij) para cada planta

Contaminante	**Unidad**	**Planta**				
		A[2013]	**B**[2014]	**C**[2011]	**D**[2014]	**E**[2012]

Contaminante	Unidad	Planta				
		A[2013]	B[2014]	C[2011]	D[2014]	E[2012]
DQO	kg/año	9506	45943	4648	8212	26562
DBO	kg/año	3802	18377	1859	3285	10625
NT	kg/año	3579	17296 15100(M)[a]	1750	3091 12400 (C)[a]	10 000 26100 (M)[a]
PT	kg/año	246	1189 1250 (M)[a]	120	212 52(M)[a]	687 836 (M)[a]
SST	kg/año	4026	19458	1969	3478	11250
NH_3	kg/año	895	4324	438	773	2500
Efluente	m^3/año	89468[b]	432400	43750[b]	77298[b]	182000[b]

[a]Datos disponible del PRTR España correspondientes a 2016 (M: medidos, C: calculados, E: estimados); [b]Datos calculados teniendo en cuenta que entre el 80-95% de agua total consumida se elimina como agua residual (EC, 2005).

Los factores de emisión utilizados en las emisiones al agua, se muestran en la Tabla 5.16, estos factores están definidos para la industria de mataderos. Para el cálculo de las emisiones se utiliza el volumen de efluente generado en un año según la Ecuación 5.4.

$$E_{ij} = C_i \cdot W_j \qquad \text{(Ecuación 5.4)}$$

Siendo

- E_{ij} (kg/año): emisiones de contaminante *i* en la planta *j*,
- C_i (mg/m^3) es el factor de emisión para el contaminante *i*,
- W_j (m^3/año) es la cantidad de efluentes finales tratados de aguas residuales generados en la planta *j*

Tabla 5.16. Factores de emisión para contaminantes al agua

Contaminante	Unidad	Factor de emisión (C_i)	Referencia
DBO	mg/L	42,5	EC, 2005
DQO		106[a]	
NT		40	
PT		2,75	
SST		45	
NH_3		10	

[a]Factor estimado tomando como base DBO/DQO= 0,4
El resto son el promedio de los valores límites del nivel de contaminantes después del tratamiento de aguas de un matadero

5.7.4 Residuos

Los datos de generación de subproductos, los lodos procedentes de la PTAR y el estiércol originado durante el transporte y confinamiento de los animales se han obtenido a partir de las AAI, y las cantidades no disponibles se han calculado en base a la capacidad de producción de cada planta (Tabla 5.17). También se ha utilizado la información contenida en el PRTR.

Tabla 5.17. Residuos notificados y calculados para cada planta

Residuo	Unidad	Planta A[2013]	Planta B[2014]	Planta C[2011]	Planta D[2014]	Planta E[2012]
Residuos peligrosos	t/año	1,95[a]	1,75	1,40[a]	3,82[a]	4,41
Residuos no peligrosos	t/año	206 [a]	940	153[a]	233 [a]	466
Lodos	kg/año	450737[b]	1155120[b]	188567[b]	285820[b]	1020210
Subproductos	kg/año	6513029	10526390	5540630[b]	14191777	22741636
Estiércol	kg/año	136000[c]	348533	56896[c]	950400	304380

[a]Datos calculados sobre la base de 0,1003 kg de residuos peligrosos y 10,60 kg de residuos no peligrosos por tonelada de canales de ave; 0,0351 kg de residuos peligrosos y 18,88 kg de residuos no peligrosos por tonelada de canales de porcino y bovino. [b]a partir de 23kg de lodo y 682 kg de subproductos generados por ton de canal (AAI). [c]a partir de 77 kg estiércol por ton de canal de porcino y bovino y 0,0130 kg de estiércol por ton de canal de ave (AAI)

En la Figura 5.7 se observa el consumo de agua y el efluente generado en m^3 por tonelada de canal de carne y en la Figura 5.8 se ofrece el consumo de energía en GJ por tonelada de canal de carne de las cinco plantas seleccionadas Todos los consumos y emisiones se han normalizado mediante la Ecuación 5.5.

$$e_{ij} = E_i / Gj \qquad \text{(Ecuación 5.5)}$$

Siendo

- e_{ij} (m^3/t o Mj/t y kg/t de canal de carne): consumo normalizado y las emisiones de contaminantes i en la planta j
- E_i ($m^3/año$ o $GJ/año$ y $kg/año$): consumo agua o energía y emisiones de contaminantes i,
- Gj (t *canal* $/año$): cantidad de carne procesada para la planta

En el caso de las emisiones al aire, los datos se han representado en escala logarítmica con el fin de mejorar una visualización conjunta de todas las emisiones contaminantes.

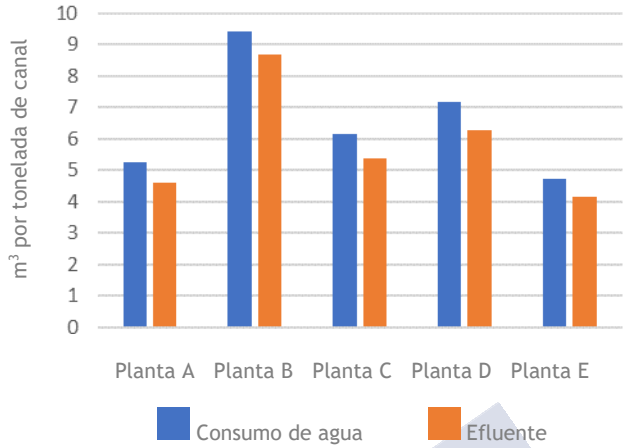


Figura 5.7. Agua consumida y efluente generado (m^3) por ton de canal de carne procesada

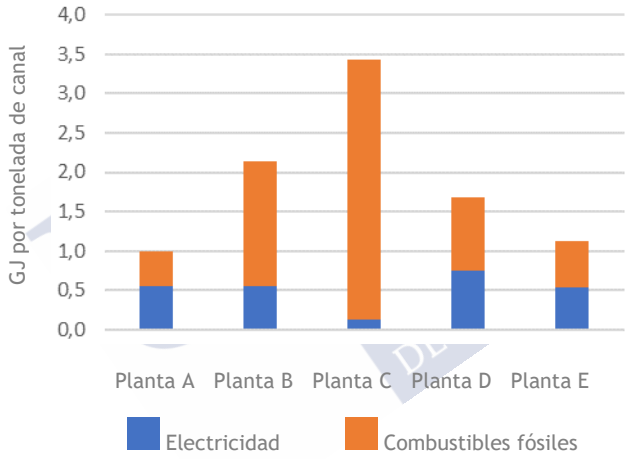


Figura 5.8. Energía consumida (GJ) por ton de canal de carne procesada

En la Tabla 5.11 se observa que la producción de carne de mayor a menor sigue el orden: B>E>A>D>C, mientras que el consumo de agua, que se observa en la Figura 5.7 es B>D>C>A>E y el consumo

de energía es C>B>D>E>A, como se observa en la Figura 5.8. Se puede destacar que las plantas B, C y D (mataderos porcinos y bovinos) tienen un mayor consumo de agua y energía. Las plantas A y E, ambas de aves de corral, son las de menor consumo de agua y energía. Además, parece que estas últimas plantas son las que mejor gestionan sus recursos (alta producción y bajo consumo).

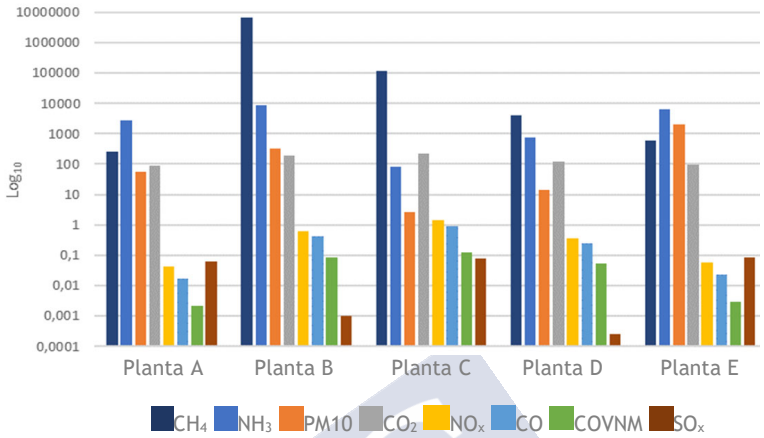


Figura 5.9. Emisiones al aire de cada planta (kg de contaminante/tonelada de canal procesado)

En la Figura 5.9 se observa que los principales contaminantes al aire en cantidad son el CH_4, NH_3 y PM10. En las plantas B, C y D (matadero porcino, porcino-bovino y bovino, respectivamente) el contaminante en mayor proporción es el gas CH_4, generado por la fermentación entérica y la gestión del estiercol, principalmente. Mientras que en las plantas A y E, de aves de corral, es el gas NH_3 el principal contaminante a la atmósfera.

La generación de contaminantes a la atmósfera por tonelada de canal de las cinco plantas sigue el siguiente orden de mayor a menor B>C>E>D>A. La planta A es la menos contaminante, ya que sólo libera 3 toneladas de contaminantes al aire por tonelada de canal y los contaminantes más abundantes a parte de NH_3, que representa el 87,54% de las emisiones totales, son CH_4, CO_2 y PM10, que representan respectivamente el 8%, el 3% y el 2% de las emisiones totales.

La clasificación de las emisiones de agua muestra el patrón similar al de las emisiones al aire, siendo la Planta B la más contaminante y la Planta E es la menos contaminante (véase la Figura 5.10). Las emisiones más significativas para todas las plantas son DQO y SST, que representan el 43% y el 18% de las emisiones totales, respectivamente, seguidas de la DBO (17%) y NT (16%).

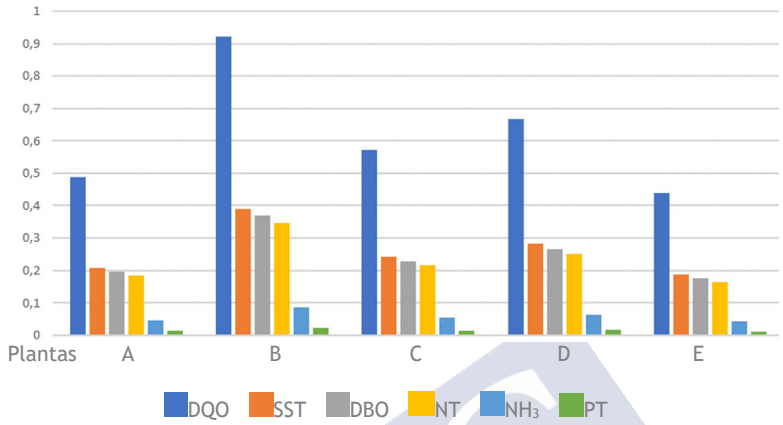


Figura 5.10. Emisiones al agua de cada planta (kg de contaminante/tonelada de canal procesado)

La planta B, que también tiene el mayor consumo de agua, emite 2,14 kg de contaminante al agua, mientras que 1,02 kg son emitidos por la planta E. A diferencia de las emisiones al aire, la planta D seguida de C y A liberan menos contaminantes al agua, aunque todas las plantas muestran la misma tendencia en la distribución de contaminantes.

5.8 ANÁLISIS DE MTD

El análisis de MTD (Barros et al., 2007, 2008) es una herramienta que evalúa las técnicas candidatas a ser MTD siguiendo la metodología establecida por el *EIPPCB* (CE, 2018). La metodología utilizada identifica las técnicas de proceso más convenientes, identifica los problemas ambientales (en base a las principales emisiones y los consumos) y estudia las técnicas disponibles que pueden mejorar el rendimiento de las plantas analizadas (CE, 2012). El análisis MTD

implica un profundo conocimiento del sector analizado, y un estudio profundo del propio proceso (Torres Rodríguez et al., 2011)

Todas las técnicas candidatas deben enfocarse a: reducir la demanda de materias primas, agua y energía; reducir la generación de residuos y facilitar el reciclaje; minimizar la contaminación atmosférica, acústica y del agua; limitar el uso de materiales tóxicos y peligrosos; aumentar el uso de materiales reciclables, y minimizar el uso de materiales en la presentación final del producto (Bello Bugallo et al., 2014)

Como cualquier otro sector, para la industria de los mataderos se han propuesto una serie de técnicas candidatas a ser MTD que se han recopilado en un inventario. Los inventarios de técnicas candidatas se proponen como base para desarrollar metodologías que logren sistemas industriales sostenibles (Cristóbal, 2013). Una vez que el proceso industrial y los aspectos relacionados con sus posibles impactos ambientales están claramente definidos por etapas, las técnicas candidatas seleccionadas se examinan, evalúan y recogen en el inventario (Tabla 5.18 y Tabla 5.19)

Este inventario actualizado para el sector de los mataderos incluye un centenar de técnicas candidatas a ser MTD, la mayoría de ellas tomadas de la bibliografía (CE, 2005; EA, 2003a; EA, 2003b; EPA, 2008; NCM, 2016), aunque otras son el resultado de trabajos previos en los mataderos de Galicia (Xunta de Galicia, 2006; Bello Bugallo et al., 2014).

Las técnicas candidatas se enfocan en aquellas que mejoren el proceso, como la prevención, el control, la minimización del consumo, la reutilización y el reciclaje. También se tienen las denominadas Mejores Prácticas Ambientales (MPA), que incluyen las técnicas de gestión. Las características de las MPA son su simplicidad, utilidad, bajo coste y resultados rápidos (Cristóbal, 2013).

En la Tabla 5.18, se puede apreciar todas las MTD candidatas para las etapas de operaciones previas, postprocesado y operaciones auxiliares, y se da a conocer aquellas que han sido implementadas en los cinco mataderos en estudio. En la Tabla 5.19, se listan todas las MTD candidatas para la etapa de procesado clasificadas según: todo tipo de ganado; porcino; solípedos, rumiantes y conejos; y aves, y aquellas

que ya han sido implementadas en los mataderos de estudio. Las técnicas MTD relacionadas con las mejores prácticas ambientales (MPA) y cuales de ellas ya se han ejecutado en los mataderos estudiados, se pueden observan en la Tabla 5.20. La mayoría de estas técnicas se centran en el consumo de agua y en las emisiones al agua (efluentes líquidos) y en menor medida en el consumo de energía, las emisiones al aire y los residuos.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.18. MTD ya implementadas en cada planta (A, B, C, D y E) para las etapas de operaciones previas, postprocesado y operaciones auxiliares (el área sombreada muestra que la técnica ya está implementada)

Etapa		Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Aspectos ambientales	A	B	C	D	E
OPERACIONES PREVIAS	Recepcion y confinaminamiento	Planificación de las operaciones de descarga para conseguir una operación continua	Consumo de agua			■		
		Cesar la alimentación animal 12 horas antes del sacrificio y minimizar el tiempo en el matadero	Efluentes líquidos y residuos			■		
		Optimizar el tiempo entre la última alimentación y el sacrificio (avícolas)	Efluentes líquidos					
		Control de la demanda de agua para beber	Consumo de agua		■	■		
		Optimizar las duchas de refresco del ganado porcino	Partículas			■		
		Lavadores húmedos/Filtros de mangas/Mallas metálicas lavables	Consumo de agua, emisiones al agua y olores					
		Limpieza en seco de excrementos y limpieza húmeda periódica del área de confinamiento		■		■		■
		Limpieza de los camiones con sistema de lavado a alta presión posteriormente al raspado en seco		■	■	■	■	■
		Monitorizar el uso de agua en el lavado de vehículos		■		■		
		Áreas de confinamiento que minimicen la acumulación de estiércol y la necesidad de limpieza	Consumo de agua			■		
		Segregar aguas residuales de la recepción y confinamiento del resto	Emisiones al agua					
		Tamizado del agua residual del lavado de vehículos y limpieza del área de confinamiento						
	Aturdimiento	Lavadores húmedos/Filtros de mangas/Mallas metálicas lavables	Partículas					
		Aturdimiento de las aves utilizando gases inertes	Partículas					
POSTPROCESADO	Tratamiento de aguas residuales	Medidas preventivas y correctoras en la generación de efluentes como tamizado de sólidos	Emisiones al agua	■	■	■	■	■
		Separar aguas residuales del proceso de las que no lo son		■				■
		Prevenir el estancamiento de las aguas residuales	Emisiones de olores y vectores	■		■	■	

Etapa		Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Aspectos ambientales	A	B	C	D	E
		Eliminación de grasas del agua residual utilizando trampas metálicas	Emisiones al agua			■		
		Planta de flotación combinada con el uso de floculantes		■	■	■	■	■
		Instalación de tanque de homogeneización		■	■	■	■	■
		Proveer de una capacidad adicional de almacenamiento de aguas residuales				■		
		Minimizar fugas de líquidos e instalar tanques de tratamiento de aguas residuales cubiertos						
		Minimizar fugas de líquidos e instalar tanques de tratamiento de aguas residuales al aire						
		Pretratamiento anaerobio usando reactores de flujo ascendente y descendente				■		■
		Digestión aerobia combinada de forma intermitente o alternativa con procesos de desnitrificación bajo condiciones anóxicas				■		
		Someter el efluente resultante a tratamiento terciario		■		■	■	
		Eliminar nitrógeno y fósforo				■	■	■
		Usar el gas metano (CH_4) producido en el tratamiento anaerobio para generar calor y/o energía						
		Realizar regularmente análisis de la composición del efluente y llevar un registro				■		■
	Gestión de residuos y subproductos	Recuperación de subproductos	Generación de residuos	■		■	■	■
		Tratamiento microbiológico para residuos	Emisiones al agua			■		
		Segregación rigurosa de residuos sólidos	Generación de residuos					■
		Almacenamiento de residuos peligrosos				■		
OPERACIONES AUXILIARES	Limpieza y desinfección de equipos	Gestión y minimización del consumo de agua y detergentes	Consumo de agua y detergentes	■	■	■		■
		Limpieza en seco seguida de lavado a presión	Consumo de agua y energía	■	■	■	■	
		Selección de detergentes con impacto ambiental mínimo	Emisiones al agua	■		■	■	■
		Utilizar sistemas CIP de limpieza (incorporar a los equipos)	Consumo de agua y	■	■			

Etapa		Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Aspectos ambientales	A	B	C	D	E
			energía	■	■			
		Programa de limpieza para todas las áreas de trabajo	Agua, energía y olores		■	■	■	■
	Mantenimiento de instalaciones	Gestión y monitorización del uso del aire comprimido	Consumo energético	■	■			
		Gestión y monitorización del uso de ventilación		■				
		Gestión y monitorización del use de agua caliente						
		Control periódico de las emisiones de calderas	Emisiones al aire	■		■		
		Programa planificado de mantenimiento	Energía y emisiones al aire	■	■	■	■	■

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.19. MTD ya implementadas en cada planta (A, B, C, D y E) para la etapa de procesado (El área sombreada muestra que la técnica ya está implementada)

Ganado	Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Aspectos ambientales	A	B	C	D	E
Todo	Recogida continua, seca y segregada de subproductos, almacenamiento y gestión por separado	Consumo y emisiones al agua, generación de residuos	■	■	■	■	■
	Optimización de la etapa de sangrado y recogida de sangre	Consumo de agua	■	■	■	■	■
	Eliminación de grifos innecesarios en la línea de sacrificio y reparación de grifos y baños que gotean	Consumo de agua y energía	■	■		■	
	Aislar y cubrir los esterilizadores de cuchillos, y esterilización con vapor a baja presión de los mismos	Emisiones al agua			■	■	
	Disponer de cabinas de lavado de manos y delantales, con cierre automático de la salida de agua	Consumo de agua	■	■	■		
	Operar con un sistema de doble drenaje en la sala de sangrado	Emisiones al agua					
	Esterilizar sierras en cabinas con boquillas automatizadas de agua caliente						
	Recoger en seco los residuos del suelo						
	Uso de espátulas para la limpieza inicial de los tankes de recogida de sangre				■		
	Uso de trampas de grasas para eliminar la grasa del agua						
Porcino	Aislar y cubrir los tanques de escaldado y controlar el nivel de agua	Consumo de agua y energía		■	■		
	Recirculación del agua fría en las máquinas de depilado y sustitución de duchas por boquillas de pulverizacion				■		
	Usar un túnel de agua pulverizada/enfriamiento por rocío o enfriamiento rápido/por choque para enfriar las canales						
	Reutilización de agua de refrigeración de hornos de chamuscado	Consumo de agua					
	Duchar a las canales después del chamuscado utilizando boquillas de chorro plano				■		
	Sustituir las duchas por Boquillas de chorro plano para el tratamiento de la canal						
	Regular y minimizar el agua utilizada para retirar los intestinos			■	■		
	Vaciado de estómagos en seco				■		

Ganado	Técnicas a considerar en la determinación de las MTDs	Aspectos ambientales	A	B	C	D	E
	Recoger en seco el contenido del intestino delgado, se utilice como subproducto o no						
	Control del consumo de agua durante el lavado de intestinos grueso y delgado						
	No duchar las canales antes de refrigeración en el túnel de refrigeración				■		
	Recuperar el calor de los gases de escape de la etapa de chamuscado para precalentar agua	Consumo de energía			■		
Solípedos, ruminates y conejos	Prevenir y minimizar el enjuague de las canales	Consumo y emisiones al agua		■	■	■	
	Minimizar el consumo de agua en el enjuague de corazones y lenguas						
	Recortar todo el material de pieles/cueros no destinados a curtir inmediatamente después del desollado del animal	Generación de residuos			■		
	Regular y minimizar el uso de agua para el transporte de los intestinos	Consumo de agua				■	
	Vaciado en seco de los estómagos				■		
	Recoger en seco el contenido del intestino delgado, se utilice como subproducto o no						
	Control del consumo de agua durante el lavado de intestinos grueso y delgado						
Aves	Reducir el agua utilizada en el procesado	Consumo y emisiones de agua	■			■	
	Escaldado con vapor						
	Aislamiento de los tanques de escaldado						
	Utilizar boquillas de pulverización en lugar de duchas de lavado (para las aves en el desplumado)	Consumo de agua	■				■
	Utilizar agua reciclada en el transporte de plumas		■				■
	Utilizar duchas de agua eficientes en la etapa de evisceración		■				■
	Control, regulación y minimización del consumo de agua en la etapa de refrigeración de aves mediante inmersión/tambor agitador						
	Enfriamiento por aire		■				■
	Quitar el equipo de lavado de canales de la línea excepto después del desplumado y evisceración		■				

Tabla 5.20. Mejores Prácticas Ambientales (MPA)*

MPA		A	B	C	D	E
SGA		■			■	■
Formación al personal			■		■	
Sistemas de gestión (implementación)	agua	■	■	■	■	
	Energía	■	■	■	■	■
	Iluminación					■
	Ruido					■
Uso de materiales (combustibles, refrigerantes, etc.) y maquinaria más eficiente y sostenible		■	■			■
Reutilización del calor y/o energía producida en una actividad y exportar todas aquellas cantidades que no pueden utilizarse en la planta				■		
Utilización del calor y/o electricidad de fuentes renovables siempre que sea económicamente viable						
Controles de olores y calidad						

*las técnicas ya implementadas en cada planta están sombreadas en azul

La Tabla 5.21 muestra un resumen de los resultados obtenidos. La planta C es la que más técnicas ha implementado (44 de 82, 53,6%), seguida de la planta A (30 de 75, 40%). Mientras que las plantas E (26 de 75), D (21 de 73) y B (20 de 75) tienen un menor grado de implementación correspondiente al 34,7%; 28,7% y 26,7%, respectivamente.

Tabla 5.21. MTD implementadas por proceso y por planta

		Candidatas identificadas	implementadas identificadas por planta				
			E	D	C	B	A
BPA		10	5	4	2	4	4
Operaciones previas		18	2	1	8	2	3
Procesado	**En general**	9	1	3	4	3	3
	Porcino	9	-	-	7	2	-
	Bovino	7	-	2	3	-	-
	Avícola	9	5	-	-	-	6
Postprocesado		19	9	7	14	3	6
Operaciones auxiliares		10	4	4	6	6	8
TOTAL [a]		91	26	21	44	20	30

[a] Para cada planta, se considera el tipo de animal sacrificado así como el número de MTD disponibles para un proceso específico; por tanto las plantas A, C y E tienen 75 técnicas disponibles en total, la planta C 82 y la planta D 73

Las técnicas incluidas en "operaciones previas" tienen un grado promedio de implementación de 18%. La mayoría de las técnicas de recepción y confinamiento de animales se ignoran por estas plantas, aunque algunas de ellas relativas a la alimentación y limpieza de camiones o jaulas y zona de confinamiento han sido implementadas. La mayor parte de estas técnicas están dirigidas a reducir los consumos y las emisiones al agua.

En la etapa de operaciones previas, la planta C es la que mayor número de técnicas propuestas ha implementado (8 de 18, 44%), seguida por la planta A (3 de 18, 17%), las plantas B y E (ambas 2 de 18, 11%) y la planta D con sólo una técnica implementada (6%).

Las técnicas en la etapa de “post-procesado” tiene un grado promedio de implementación de 41%. La planta C continúa con el mayor grado de implementación (14 de 19, 74%), seguida de las plantas E, D, A y B (con los siguientes porcentajes de aplicación 47, 37, 32 y 16, respectivamente)

En relación con las "operaciones auxiliares", estas técnicas representan el mayor grado promedio de implementación (56%) y la mayoría de ellas se centran en reducir el consumo de agua y las emisiones al agua. Aunque casi todas las plantas han implementado ampliamente las técnicas relativas a la limpieza y desinfección de equipos, la implementación de planes de mantenimiento es casi inexistente. Un ahorro de agua del 75% es posible mediante la limpieza a presión en toda la instalación (CE, 2005). En este caso, la planta A es la que tiene el mayor grado de implementación (80%) seguida de las plantas B y C (60%, ambas), y las plantas D y E (40% para ambas)

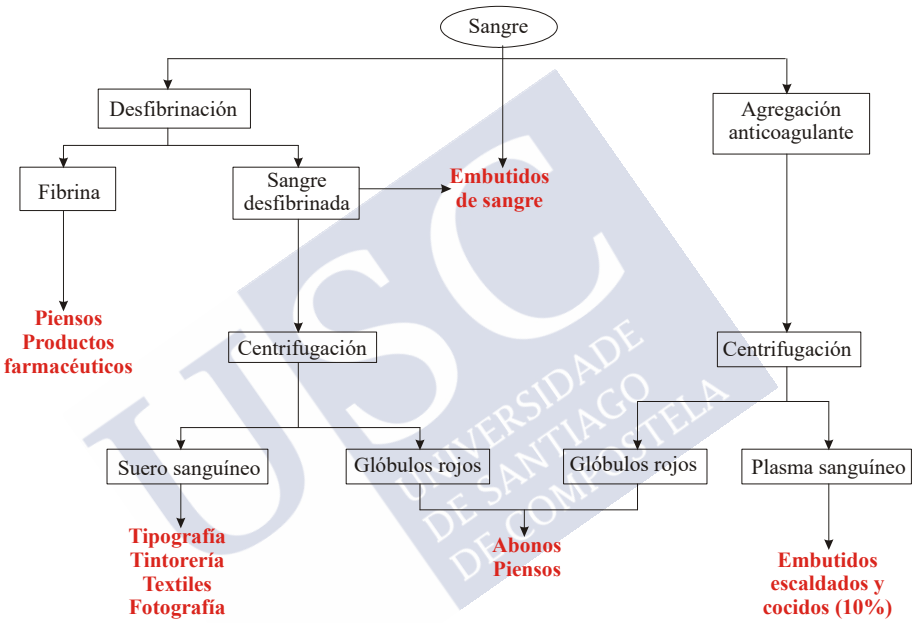
El promedio global de aplicación de las técnicas en el "procesado" para todo tipo de ganado representa el 31,1%, pero puede diferir dependiendo del animal sacrificado. El procesado de bovino tiene un número menor de técnicas disponibles a diferencia del procesado porcino y aves de corral que tienen lo mismo. Entre los mataderos de aves de corral, la planta A tiene el mayor grado de implementación, el 86% con respecto al 71% de la planta E. Por otro lado, la planta C tiene un grado de implementación del 78% y 43% para porcino y bovino, respectivamente; la planta B ha incorporado el

22% de las técnicas propuestas para el procesado de cerdos y la planta D, el 29% para el procesado de bovino. En los mataderos de bovino y porcino no se realiza ninguna MTD candidata para la limpieza de estómagos, mientras que en el matadero de aves no se realizan técnicas candidatas para el escaldado, ni para la congelación.

Aunque las MPA tienen un grado de implementación general del 38% con respecto a todas las técnicas candidatas, las plantas consideradas han desarrollado algún tipo de medida para prevenir y minimizar el consumo de agua y energía y la producción de residuos en cada una de las etapas diferentes. No se aplican técnicas relacionadas con los olores y el uso de energías renovables, las técnicas relativas a la gestión de la iluminación y el ruido y la reutilización del calor y/o la energía producida tienen un grado de aplicación bastante bajo. Respecto a la implementación de las MPA, la planta E tiene un 50% implementadas, seguida por las plantas A, B y D que coinciden en 40% y siendo la planta C, la que menos MPA ha implementado, solo 10%. La mayoría de ellas tienen inventarios de entradas y salidas de sus procesos, que les permite realizar la trazabilidad de los diferentes flujos.

Las técnicas candidatas cuentan con una ficha técnica que contiene información completa e individualizada sobre aspectos técnicos, ambientales y económicos, tal como se sugiere en ña metodología *EIPPCB* (CE, 2012). La ficha técnica incluye, entre otros aspectos, la siguiente información: aspectos ambientales, descripción de la técnica, beneficios/datos ambientales, efectos secundarios, Implementación, aplicabilidad y caracterización, aspectos económicos.

Los responsables de la toma de decisiones pueden utilizar las hojas de datos como guía de apoyo y para evaluar si se debe implementar o no una técnica determinada. Además, las técnicas implementadas detectadas se pueden comparar con el inventario de la ficha técnica, concluyendo si realmente es MTD para el proceso considerado o no. La Figura 5.11 es un ejemplo de ficha para una MTD candidata.

RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS GENERADOS EN LA INSTALACIÓN (EC, 2005)
Impactos ambientales
Gestión de residuos
Descripción técnica
Realizar una evaluación de las posibilidades de recuperación de todos los subproductos generados en la instalación en la propia planta o en otras instalaciones, en principio en forma de material y posteriormente como energía. A continuación, se indican algunos de los subproductos que pueden ser reutilizados o empleados en otros procesos: ▫ Sangre: consumo humano o alimentación animal (ver esquema). ▫ Vísceras: uso comestible, alimento para animales, harina de carne o productos farmacéuticos. ▫ Huesos: gelatina/harina de huesos, alimento para mascotas. ▫ Material orgánico: producción de grasas, de biogás, etc.    Esquema
Beneficios/datos ambientales
Se lleva a cabo la recuperación de subproductos animales.
Efectos secundarios
No se producen efectos secundarios.

Implementación
Realizar un estudio de todos aquellos subproductos generados en la instalación que pueden ser recuperados, tanto en la propia planta como en otras instalaciones. Un aspecto fundamental a tener en cuenta son las condiciones de higiene durante el almacenamiento, gestión y transporte de estos subproductos cuando se destinan para consumo humano.
Aplicabilidad e implementación
Se puede aplicar en todos los mataderos. Esta técnica se puede considerar una tecnología integrada.
Aspectos económicos
Los costes de esta técnica son los relativos a la gestión, almacenamiento y transporte de los subproductos. Con la aplicación de esta técnica es posible recibir ingresos adicionales procedentes de la venta de subproductos.

Figura 5.11. Ficha para una MTD candidata

5.9 EVALUACIÓN DE IMPACTO

Para completar el análisis cuantitativo, se ha elaborado un análisis o evaluación de impacto. Utilizando los valores cuantitativos del consumo y las emisiones, se han calculado los impactos derivados del proceso de mataderos en relación con los problemas ambientales globales de acuerdo con la metodología de las Normas Internacionales para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

La EI proporciona un perfil ambiental que consiste en una lista con la puntuación de los diferentes efectos ambientales, clasificándolos en categorías de impacto tales como acidificación, cambio climático, agotamiento de los recursos, uso de la tierra, entre otros. La lista informa sobre los efectos ambientales que puntúan bien o mal dentro del ciclo de vida de un producto y sobre las fases que contribuyen a los diferentes efectos ambientales (ReCiPe, 2016).

Siendo el consumo de agua y energía, y la emisión de alta carga orgánica al agua los principales problemas ambientales y las características más destacables relacionadas con los mataderos (CE; 2005), en la Tabla 5.22 se resumen las categorías de impacto que se han considerado en este capítulo.

Tabla 5.22. Categorías de impacto ambiental (Renou et al., 2008; métodos LCIA, 2017; EPA, 2005)

Categoría de impacto	Descripción
Cambio climático (también llamado calentamiento global o efecto invernadero)	Definición: alteración de la temperatura global debida a los gases de efecto invernadero. Su contenido en la atmósfera refleja o absorbe la radiación infrarroja Indicador ambiental: perturbaciones en la temperatura global y fenómeno climático, aumento de la temperatura Sustancias consideradas: gases de efecto invernadero (CO_2, CH_4, N_2O, CFC, halones, etc.)
Agotamiento de recursos abióticos (consumo de agua y fósiles)	Definición: agotamiento de recursos no renovables debido a la extracción y consumo de minerales, combustibles fósiles, agua, metales, etc. Indicador de impacto: disminución de la disponibilidad de recursos Sustancias consideradas: diferencias entre recursos renovables y no renovables
Ecotoxicidad del agua	Definición: efecto de sustancias tóxicas en un ecosistema. La evaluación de la toxicidad se basa en las concentraciones máximas tolerable en agua para los ecosistemas. Indicador de impacto: pérdida de biodiversidad y/o extinción de especies. Consideraciones: respuestas toxicológicas de diferentes especies y naturaleza de las sustancias químicas en el ecosistema

En la EI aplicada a los mataderos seleccionados se han usado los datos calculados en el análisis cuantitativo. El objetivo de la EI es analizar y evaluar cuantitativamente a cada planta según las categorías de impacto elegidas. Como unidad funcional se ha considerado una tonelada de canal de carne procesada en un año.

Para lograrlo, la EI se ha realizado con el paquete de software de ACV *OpenLCA v1.6* mediante la base de datos de ciclo de vida Centro Común de Investigación Europeo de Referencia. Este software libre es una de las herramientas más completas disponibles en la actualidad, para realizar ACV y estudios de evaluación de sostenibilidad y, a su vez, proporciona al público diferentes metodologías de EICV. Teniendo en cuenta la revisión de la literatura sobre las metodologías

EICV (Tabla 5.23) (CE, 2011a; Crenna et al., 2018; Renou et al., 2008), se ha considerado el método *ReCiPe (E) midpoint*.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5.23. Disponibilidad de categorías de impacto por método. √ representa que la categoría de impacto se tiene en cuenta en el método correspondiente (métodos LCIA, 2017)

MÉTODOS		Acidificación	Cambio climático	Agotamiento de recursos	Ecotoxicidad	Uso de la energía	Eutroficación	Toxicidad humana	Radiación ionizante	Uso de la tierra	Olor	Agotamiento de la capa de ozono	Particulas inorgánicas respiratorias	Oxidación fotoquímica
CML	*baseline*	√	√	√	√	-	√	√	-	-	-	√	-	√
	non baseline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CED (Cumulative Energy Demand)		√	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√	-	√
EI (eco-indicator)	*99 (E)*	-	-	-	-	√	-	-	√	√	-	-	-	-
	99 (H)	√	-	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	-
	99 (I)	√	-	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	-
Eco-Scarcity 2006		√	-	√	√	-	√	√	-	-	-	√	√	-
ILCD 2011	*endpoint*	-	√	√	-	-	-	-	√	√	-	-	-	√
	midpoint	√	√	-	-	-	√	√	√	√	-	√	√	√
ReCiPe	*Endpoint (E)*	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√
	Endpoint (H)	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√
	Endpoint (I)	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√
	Midpoint (E)	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√
	Midpoint (H)	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√
	Midpoint (I)	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	√	√
TRACI2.1		√	√	√	√	-	√	√	-	-	-	√	√	√
USEtox		-	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Los resultados obtenidos de EI se muestran gráficamente en la Figura 5.12.

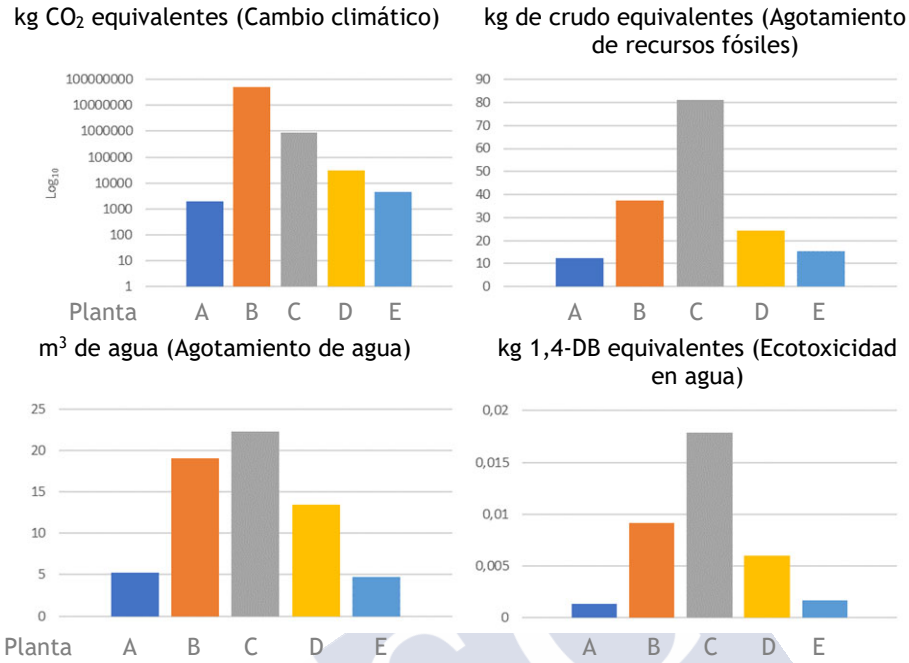


Figura 5.12. Impactos resultantes para cada planta por categoría considerada

Las plantas B y C tienen el mayor agotamiento de recursos y emisiones contaminantes, seguidos por las plantas D, E y A. Las emisiones calculadas han considerado efectos ambientales basados en el enfoque de "puerta a puerta" y no de la "cuna a tumba"

La categoría de cambio climático tiene un impacto para cada planta similar a las emisiones al aire, aunque la planta D tiene más impacto que la planta E, debido a que el procesado de bovino contribuye más que las aves al cambio climático. El agotamiento de recursos fósiles está relacionado al consumo de energía. Respecto a la ecotoxicidad del agua, el gas natural, el combustible y el efluente de la PTAR contribuyen a este impacto.

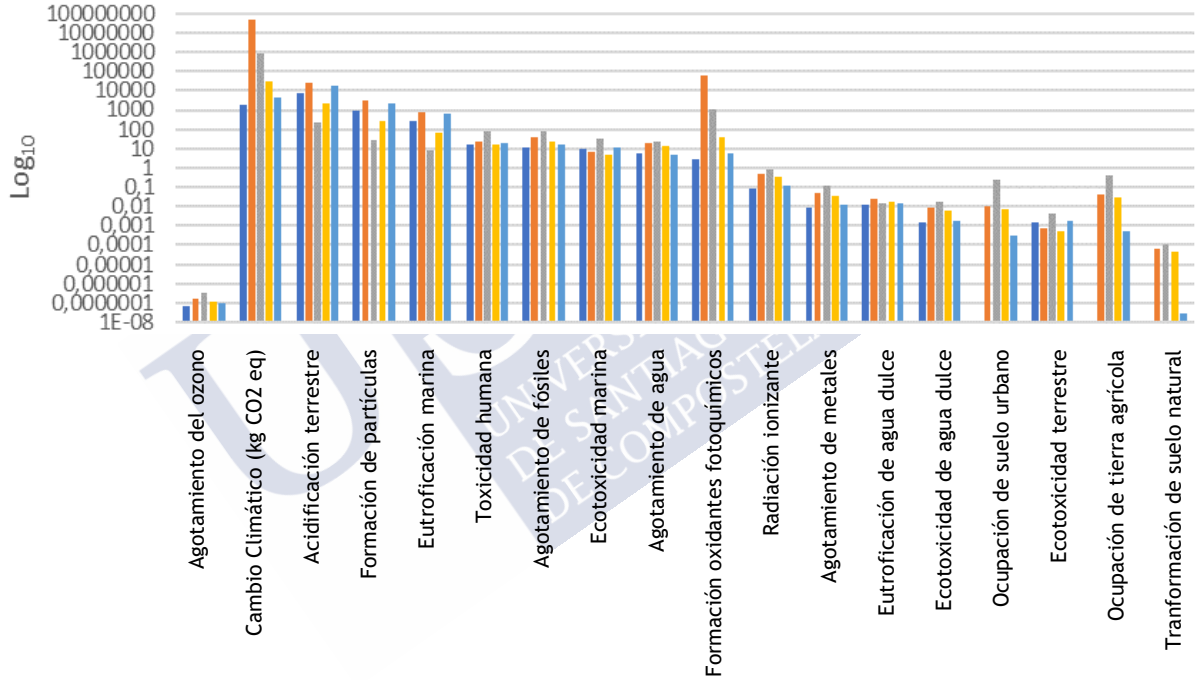
Además, se ha considerado apropiado representar la contribución de cada planta para las 18 categorías de impacto disponibles con el fin de

tener una visión más detallada, completa y global de los impactos producidos más allá del proceso de producción.

En la Figura 5.13 se puede observar la contribución de cada planta y conocer el impacto específico de cada una de ellas. Las plantas B, C y D siguen teniendo los impactos más significativos. Los datos sobre la transformación natural de la tierra se han representado en valor absoluto debido a la escala logarítmica no permiten valores negativos (estos son negativos ya que hay una contribución negativa asociada a una pérdida de suelo).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 5.13. Contribución (normalizada) de cada planta a las categorías de impacto disponibles (Plantas: A, B, C, D, E)



5.10 EVALUACIÓN DEL GRADO DE APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE PCIC

Esta evaluación se basa en las emisiones calculadas al aire y al agua, y la generación de residuos por tonelada de canal de carne procesada en un año.

La planta A es claramente la que libera menos contaminantes, mientras que la planta B es la más contaminante de las plantas analizadas. La planta C es la segunda más contaminante, seguida de las plantas E y D (cantidad total, teniendo en cuenta las emisiones al aire, al agua y los residuos). Sin embargo, la planta D libera más contaminantes al agua que la planta C, mientras que la planta C genera 20 veces más contaminantes al aire que la planta D. Por otro lado, la planta E emite el triple de contaminantes atmosféricos que la planta A, pero esta última emite un poco más de emisiones al agua. La cantidad global de contaminantes liberados es similar para las plantas D y A, aunque de una categoría diferente.

Entre los mataderos de aves de corral, la planta E sacrifica más animales que la A, por lo que genera más cantidad de subproductos por tonelada de canal de carne procesada. La planta C genera menos cantidad de subproductos, porque sacrifica menos cerdos y vacas que las plantas B y D, respectivamente.

Las plantas A y E son las que han liberado menos emisiones y a la vez son las que tienen más MTD implementadas después de la planta C. La de mayor grado de implementación de MTD es la planta C, pero a la vez es una de las más contaminantes. La explicación radica en que cada planta tiene sus particularidades (edad, personal, tipo de combustible usado, condiciones operativas y técnicas, entre otras) y deben tenerse en consideración al escoger e implementar una MTD y ésta sea la más adecuada.

El grado de implementación de MTD no refleja exactamente los resultados antes mencionados, ya que la planta C ha resultado ser la que implementa más técnicas (54% de aplicación relacionada con todas las MTD disponibles para esta planta), seguida de la planta A (40%) y E (35%). Por otro lado, las plantas D y B tienen un grado muy bajo de implementación de técnicas, lo que representa el 32% y

el 26% de las técnicas implementadas respectivamente, lo que se refleja en su funcionamiento ambiental.

La EI añade al proceso de matadero el impacto derivado de la producción de electricidad y combustibles fósiles y el uso de agua, mostrando un mayor impacto para cada planta, especialmente para aquellas con mayores consumos.

La planta A es la que más MTD candidatas ha implementado (sobretodo en operaciones auxiliares y procesamiento) y la que menos contamina. Parece haber seleccionado un conjunto adecuado de técnicas que se han aplicado correctamente, sin embargo, las técnicas relacionadas con la gestión y el tratamiento del agua y los residuos deben revisarse con más detalle. Es la planta con la menor contribución a todas las categorías de impacto, lo que se refleja en su comportamiento ambiental.

La planta B tiene el menor grado de implementación de planta MTD (especialmente en el tratamiento de los efluentes líquidos), y a la vez es la más contaminante (al aire y al agua) puesto que sus emisiones son mayores al de las otras plantas.

La planta C es la que aplica más técnicas y menos producción, sus altas emisiones y consumos reflejan que no se han implementado correctamente las MTD o no han sido las más adecuadas. A pesar de procesar menos animales, su uso de energía es mayor que para el resto de las plantas. Contribuye en mayor medida al agotamiento de los fósiles y el agua y a la ecotoxicidad del agua.

La planta D tiene un grado de implementación de MTD bastante bajo, pero a pesar de ello el desempeño ambiental es bueno si se compara con las otras plantas. De ello se deduce, aunque pocas son las técnicas implementadas, ellas se han seleccionado adecuadamente. Deberían aplicarse técnicas de consumo de recursos y tratamiento de aguas residuales.

La planta E es la tercera en cantidad de técnicas implementadas, las cuales actúan directamente sobre el consumo y las emisiones al agua, y la generación de residuos.

5.11 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha analizado la aplicación de la política de PCIC en la industria de mataderos en Galicia y evaluado la implementación de MTD. Se ha tomado como base, el proceso de matadero genérico para identificar los consumos y emisiones potenciales de cada etapa del proceso. Se han seleccionado cinco mataderos, todos ellos afectados por la DEI (PCIC) y, por tanto, tienen un AAI vigente. Las plantas seleccionadas se dedican principalmente a la obtención de canales, aunque algunas de ellas también elaboran productos cárnicos.

Las emisiones al aire y al agua, y la generación de residuos se han calculado realizando estimaciones a partir de los datos disponibles en las AAI o usando datos de factores de emisión y actividad, con la finalidad de evaluar el desempeño ambiental de cada planta mediante la aplicación de MTD. Se ha proporcionado un inventario actualizado de técnicas candidatas a ser MTD. Se ha desarrollado un análisis de las MTD para identificar las ya implementadas en cada planta, teniendo en cuenta la información disponible incluida en las AAI.

Como aspecto novedoso añadido a los análisis cuantitativos de las metodologías anteriores (capítulos 3 y 4), se ha realizado una evaluación de impacto del ciclo de vida de cada planta seleccionada para complementar el análisis del comportamiento ambiental con el fin de identificar y clasificar, en términos de categoría de impacto, los efectos ambientales de la producción de canales, esto se ha realizado mediante un software libre.

Con la Evaluación de Impacto se pueden conocer los efectos ambientales causados fuera de las instalaciones del matadero.

Los mataderos de aves de corral analizados cuentan con un grado mayor de aplicación de MTD respecto de los mataderos exclusivo de porcino (planta B) y exclusivo de bovino (planta D).-Algunas plantas como E y D muestran un funcionamiento ambiental bastante bueno aún cuando no tienen muchas técnicas implementadas, lo que refleja una buena selección de las MTD y una implementación adecuada. Por otro lado, la planta C refleja que, a pesar de haber implementado más técnicas, su funcionamiento ambiental no es el esperado, la explicación puede ser que la selección de MTD no fue la más adecuada y/o que la implementación no fue la correcta. Por otro lado,

la planta B es la que ha implementado menos MTD y la que más contamina. Por el contrario, la planta A ha implementado casi la mitad de las técnicas disponibles y es la menos contaminante, que se refleja en el buen funcionamiento ambiental de la planta, y, a pesar de ello, todavía se puede mejorar.

Se puede concluir que las MTD aplicadas en mataderos son suficientes aunque pueden implementarse más. Se ha detectado una falta de implementación de técnicas con respecto a operaciones previas, al igual que en los capítulos anteriores; son técnicas que afectan mucho al consumo de agua y al efluente líquido, que no está optimizado en todos los procesos. En los mataderos porcino y bovino debe hacerse hincapié en la aplicación de técnicas que eliminen la generación de olores, y disminuyan la producción de residuos y aguas residuales. Deberían elaborarse más medidas en relación con las emisiones atmosféricas y destacar la aplicación de MPA para todas las plantas.

Producto de este trabajo se propone trabajar más en la identificación de las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD, también evaluar si las técnicas ya implementadas funcionan correctamente, si son adecuadas para el fin determinado o debe proponerse medidas correctivas. Mejorar el rendimiento medioambiental de las plantas trae la necesidad de realizar modificaciones tecnológicas lo que implica inversión económica. Una tarea clave es la identificación de los principales flujos mejorables, lo que ayudará a encontrar las MTD más adecuadas en función de la realidad de la empresa.

Se ha demostrado que la metodología aplicada es adecuada para evaluar la eficacia del marco jurídico de la PCIC y conocer el comportamiento medioambiental de cualquier matadero afectado por la DEI. En general, es una prioridad tener procesos industriales cada vez más sostenibles, que dará como resultado un mejor desempeño medioambiental, la finalidad no sólo es cumplir con normativas establecidas sino principalmente cuidar del bien común de la humanidad, el planeta en que vivimos.

6 INDUSTRIA DEL PROCESADO DEL MEJILLÓN

Este capítulo es una reproducción de las siguientes publicaciones derivadas de la investigación desarrollada por la doctoranda durante su etapa de formación de doctorado:

- Título: *Material Flow Analysis in a cooked mussel processing industry*
- Autores: Pastora Mª Bello Bugallo, Anna Stupak, Laura Cristóbal Andrade, Rosa Torres López
- Editorial: Elsevier
- Revista: Journal of Food Engineering
- ISSN: 0260-8774 eISSN: 1873-5770
- Factor de impacto de la revista (2012): 2,276
- Año de publicación: 2012
- Posición relativa en la categoría a la que pertenece:
  · Engineering, Chemical— SCIE 29/133 (2012)
  · Food Science & Technology—SCIE 30/124 (2012)
- Número de veces citado: 13 en la colección principal de WOS
- Contribución de la doctoranda: desarrollo de la investigación y escritura del paper.
- Autorización de la revista/editorial para el uso de la publicación en la tesis de doctorado: en la URL https://www.elsevier.com/about/policies/copyright/permissions, aparece la política de permisos. En ella el autor de una publicación en la editorial tiene permiso para utilizarla tanto en el documento de tesis como en la defensa como se indica a continuación en inglés (transcrito exactamente de dicha URL):
  · *Can I use material from my Elsevier journal article within my thesis/dissertation? As an Elsevier journal author, you have the right to Include the article in a thesis or dissertation (provided that this is not to be published commercially) whether in full or in part, subject to proper acknowledgment; see the Copyright page for more information. No written permission from Elsevier is necessary. This right extends to the posting of your thesis to your university's repository provided that if you include the published journal article, it is embedded in your thesis and not separately downloadable.*
  · *Can I include/use my article in my thesis/dissertation? Yes. Authors can include their articles in full or in part in a thesis or dissertation for non-commercial purposes.*

6.1 RESUMEN

Galicia es un entorno ideal para el cultivo del mejillón debido a sus excelentes condiciones naturales. Es el primer productor de mejillón español y europeo y el tercero del mundo después de China y Chile. Más del 50% del mejillón recolectado en Galicia se usa en la industria de procesado, que produce diferentes productos, como mejillón cocido que se enlata, congela o usa en la industria alimentaria.

En este capítulo, se ha aplicado una metodología basada en el enfoque del ciclo de vida a una planta de procesado de mejillones. La metodología combina el Análisis de Flujo de Materiales y Energía (AFME) y el Análisis MTD (Mejores Técnicas Disponibles) para detectar los Flujos Mejorables (FM) del proceso y, en base a ello, proponer técnicas que mejoren el proceso. Los resultados obtenidos después de la aplicación de la metodología se utilizarán para mejorar el funcionamiento de la planta. También se considerará la idoneidad de la metodología para ser aplicada a otras plantas del sector de cara a la selección de las MTD apropiadas o más adecuadas para el proceso concreto.

La aplicación de la metodología al caso de estudio ha identificado 8 FM y ha proporcionado 13 técnicas candidatas para mejorarlas. Se encontró que los elementos más críticos del proceso eran el consumo de agua y la gestión de las aguas residuales y los flujos sólidos procedentes de corrientes líquidas. En consecuencia, las técnicas propuestas se centran en estos flujos específicos.

La aplicación de la metodología a esta planta ha sido bastante exitosa, por lo que parece posible extenderla a toda la industria gallega de procesado de mejillón.

El capítulo pretende servir de ejemplo para solventar los problemas encontrados en los análisis de funcionamiento ambiental en base a la selección de las MTD de las plantas de los capítulos 3, 4 y 5. En estos capítulos se encontró que la implantación de la política de PCIC en base a las MTD podría optimizarse si se aplicaran metodologías de evaluación para detectar los flujos mejorables del proceso sobre los que se debería actuar preferentemente para que la selección e implementación de dichas técnicas fuera adecuada.

6.2 INTRODUCCIÓN

El mejillón es un marisco popular que consume alrededor del 73% de los hogares españoles (Illescas et al., 2007). Galicia, en el noroeste de España, es el líder mundial en el cultivo de mejillones para consumo humano (Mar de España, 2010; Mejillón de Galicia, 2011), con más de 212000 toneladas en 2010 (IGE, 2011). La producción mundial de mejillón sigue creciendo, en 2018 fue de 2,2 millones de toneladas que es más del doble de la cantidad producida 10 años antes, siendo los principales productores China, Chile, España, Tailandia y Nueva Zelanda (FAO, 2020). Esta región española es un entorno ideal para el cultivo de mejillones gracias a sus condiciones naturales: alrededor de 1 200 km de costa atravesada por rías o estuarios, antiguos valles fluviales que fueron inundados por el mar. Los mejillones de las rías gallegas representan el 94% de la producción española (OPMEGA, 2012), y su excelente calidad ha sido reconocida con la primera Denominación de Origen Protegida Europea (DOP) para un producto de marisco (Costas-Rodríguez et al., 2010)

Las especies de mejillones *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus edullis* se cultivan en las llamadas bateas (o balsas flotantes) que se extienden por las rías gallegas, donde se benefician de aguas cálidas y llenas de nutrientes protegidas de las condiciones climáticas severas. Las bateas son granjas de mejillones flotantes con cuerdas suspendidas para el cultivo. Su superficie máxima es de unos 500 m^2, con un máximo de 500 cuerdas (Caballero Míguez et al., 2009). El proceso de cultivo típico consiste en obtener la semilla de mejillón, cultivar la semilla, desdoble de juveniles (cambio de cuerda de los juveniles) y cultivo hasta que sean adultos que se cosechan (Duarte et al., 2008)

El sector gallego de la acuicultura y el cultivo de mejillón son un apoyo fundamental para la economía regional. Con más de 3300 bateas, este sector genera alrededor de 11500 empleos directos y 7000 indirectos, con una facturación anual de entre 120 y 150 millones de euros en la primera venta (Mejillón de Galicia, 2011). Más del 50% del mejillón capturado se utiliza en la industria de procesado, mientras que el resto se consume fresco (IPAC, 2006). Sin embargo, los precios

más altos obtenidos para los mejillones frescos se traducen en una mayor facturación, que representa entre el 50% y el 60% de la facturación total del sector (Franco Leis, 2006; Labarta et al., 2004). En 2016 en Galicia se alcanzó una producción de 265 mil toneladas, generando en 2014 unos 98 millones de euros, 112 millones de euros en 2015, que representa el 97% de la producción española (Galicia de Pesca, 2017)

La industria de procesado del mejillón incluye tres tipos diferentes de actividades (Iribarren et al., 2010a):

- Centros de depuración/distribución: para el mercado de mejillón fresco. Estas plantas realizan un proceso que incluye la recepción, lavado, purificación, clasificación, empaque y etiquetado de los mejillones frescos para consumo humano (AGADE, 2010). La purificación consiste en mantener los mejillones en agua libres de patógenos durante al menos 42 horas, de modo que los moluscos puedan filtrar el agua y depurarse (Iribarren et al., 2010a). Los mejillones que pretenden mantener su calificación de DOP deben depurarse con agua de mar de las rías gallegas (MARM, 2010).

- Plantas de cocción: estas plantas están destinadas a producir mejillones cocidos y congelados para su venta directa o para su posterior procesado en la industria alimentaria. El proceso involucra principalmente la recepción y pre-acondicionamiento de mejillones, la cocción, la eliminación de la concha y el acondicionamiento del producto final. La congelación es la etapa final para aquellos mejillones destinados a ser un producto congelado.

- Plantas de conserva: este subsector produce productos en converva con diferentes líquidos de cobertura en recipientes herméticos esterilizados por tratamiento térmico. Los procesos involucrados pueden clasificarse en cuatro etapas: (i) operaciones previas (recepción, etapas de acondicionamiento de las materias primas, del líquido de cobertura y de los envases), (ii) procesado (cocción, eliminación y clasificación de la concha), (iii) operaciones finales (sellado, esterilización y enlatado/envasado), y (iv) operaciones auxiliares (operaciones de limpieza y mantenimiento) (Xunta de Galicia et al., 2005). En Galicia hay 67 plantas de conserva que

procesan una gran variedad de pescados y mariscos, incluido el mejillón (datos de 2008) (ANFACO, 2008)

A pesar de su relevancia, se han realizado pocos esfuerzos para mejorar el rendimiento del sector de procesado de mejillones. Las investigaciones se han centrado en general en el cultivo de mejillón. En consecuencia, hay una gran variedad de trabajos disponibles sobre patrones y condiciones de cultivo de mejillones (Cusson y Bourget, 2005; Filgueira et al., 2007; Gangnery et al., 2004; Gazi, 2012), depósitos biológicos en áreas de reproducción de mejillones (Alonso - Pérez et al., 2010; Commito et al., 2008; Fréchette, 2012; McKindsey et al., 2009) o bioacumulación de contaminantes en los mejillones en crecimiento (Fernández et al., 2012; Hervé-Fernández et al., 2010; Rožmarić et al., 2012; Suárez et al., 2012; Zaldívar et al., 2011), entre otros. La mayoría de los pocos trabajos relacionados con la industria de procesado de mejillon se centran en la explotación de aguas de cocción de mejillón, para producir jugos concentrados (Cros et al. 2004, Cros et al., 2005) o para recuperar compuestos valiosos (Chan et al., 2007; Guerra et al., 2005; Pintado et al., 1997), aunque también hay algunas investigaciones sobre la explotación de conchas de mejillón (Barros et al., 2009a; Paz-Ferreiro et al., 2012).

Los trabajos más específicos son el ACV aplicados al sector del mejillón (Iribarren et al., 2010a, 2010b), así como el Análisis de MTD de la industria de productos del mar (centrado en una planta específica) (Barros et al., 2009b), ambos enfocados a la industria gallega. Estos intentos de analizar e incluso mejorar el sector son insuficientes, especialmente en una región tan influida por ella como Galicia. Un estudio relativamente reciente ha demostrado que las plantas de conservas de mariscos de Galicia afectadas por la Directiva de PCIC no han alcanzado niveles aceptables de implementación de MTD, lo que se refleja en su desempeño ambiental (Bello Bugallo et al., 2013). Esta situación se refleja en todo el sector, altamente integrado por las pequeñas y medianas empresas (PYME), aunque dominado por seis grandes empresas, que representan el 70% del mercado (Gómez Suárez et al., 2005). Es un sector bastante tradicional, que no está aplicando nuevas tecnologías o herramientas de gestión innovadoras, por lo que sus prácticas están quedando

bastante obsoletas. Existe la necesidad de analizar profundamente los procesos involucrados en la industria de procesado de mejillón, de modo que las prácticas tradicionales puedan optimizarse para mejorar la eficiencia de los procesos y el desempeño ambiental de todo el sector.

En este capítulo se aplicó una metodología basada en el enfoque del ciclo de vida (*LCT -Life Cycle Thinking*-) a una planta de procesado de mejillón. La metodología combina el Análisis de Flujos de Materia y Energía (AFME) y el Análisis de MTD para detectar los Flujos de Mejorables (FM) del proceso y para proponer técnicas que mejoren el rendimiento del proceso. El objetivo es identificar aquellos flujos del proceso que potencialmente mejorables y sugerir opciones apropiadas para hacerlo. Los resultados obtenidos después de la aplicación de la metodología se utilizarán para mejorar el rendimiento de la planta y se considerará su idoneidad para ser aplicados a otras plantas del sector.

6.2.1 AFME y análisis de MTD

El Análisis de flujo de materiales (AFM) es la evaluación sistemática de los flujos y existencias de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo (Brunner y Rechberger, 2004). Esta definición se puede ampliar aún más para incluir la energía, el denominado Análisis de flujos de Materia y Energía (AFME). AFME es una herramienta basada en el metabolismo industrial (Fischer-Kowalski, 1998) con un enorme potencial cuando se aplica a áreas industriales. Aunque no hay muchos ejemplos de este enfoque, ya se ha utilizado con éxito para optimizar los flujos de materiales y flujos de residuos en los procesos de producción (Binder, 2007; Kuczenski y Geyer, 2010; Sendra et al., 2007; Torres Rodríguez et al. 2011). El AFME se puede utilizar para identificar con precisión los FM del proceso analizado. Los FM se definen como flujos cuantitativamente relevantes que pueden mejorarse si se gestionan adecuadamente (Torres Rodríguez et al. 2011), y se seleccionan considerando su relevancia en todo el sistema en términos de cantidad, por lo que los métodos típicos de AFME son adecuados para su identificación.

Una vez que se han identificado los FM, se pueden proponer medidas de mejora. El análisis de MTD resulta ser una herramienta precisa para ese propósito. El análisis de MTD es una metodología orientada a la sostenibilidad que implica un conocimiento profundo del proceso considerado (identificación de las etapas del proceso, consumos, emisiones y flujos internos) para desarrollar un inventario de técnicas candidatas. Cada técnica tiene su propia hoja de datos que incluye toda la información recomendada por el *EIPPCB*. Sobre la base de esta información, se pueden seleccionar para su implementación las técnicas para las situaciones específicas (Barros et al., 2007). Esta herramienta proporciona un inventario completo de técnicas que potencialmente mejoran los procesos, por lo que parecen ser una buena opción para mejorar los FM detectados para un proceso determinado.

La combinación de ambas herramientas, AFME y análisis de MTD, ya se ha validado en el sector de fabricación de cerámica con bastante éxito (Torres Rodríguez et al., 2011), y en este capítulo se ha analizado su idoneidad para el sector de procesado de mejillones mediante la aplicación a un caso de estudio. La metodología ha demostrado ser bastante efectiva para detectar flujos de materia o energía mejorables en un proceso determinado y para seleccionar las opciones más sostenibles para mejorarlos. Los resultados proporcionados por la metodología son bastante completos en relación con el consumo de recursos, el funcionamiento ambiental y, a un nivel más bajo, los aspectos económicos, aunque no proporciona datos específicos y cuantitativos sobre las mejoras esperadas.

6.3 CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio es una planta procesadora de mejillones ubicada en la costa gallega, noroeste de España. La planta es una PYME que utiliza tecnología estándar y estrictos controles sanitarios para producir mejillones procesados de alta calidad. Este producto puede entregarse directamente al consumidor final o puede usarse en la industria alimentaria para producir productos elaborados.

Actualmente, la planta comercializa diferentes tamaños de mejillones, que determinan su calidad. Se ofrecen tres productos diferentes:

- Mejillones cocidos (el producto principal son viandas de mejillones cocidos).
- Mejillones de media concha (pequeña producción de mejillones cocidos que conservan una de sus conchas).
- Mejillones congelados (viandas de mejillón congeladas después de la cocción; la congelación se usa ocasionalmente en períodos de alta productividad).

La productividad del proceso puede ser bastante variable, ya que depende del ciclo de reproducción de los mejillones. Durante los períodos de producción intensiva, se pueden procesar de 75 a 160 toneladas de mejillón por día. La planta realiza un proceso discontinuo debido a la naturaleza discontinua de la cría y captura de mejillón. El proceso solo funciona 8 horas/día, trabajando 5 días/semana y 150 días/año.

Esta planta está relacionada con una asociación regional de cría de mejillones, por lo que trata directamente con los proveedores. Los mejillones son recibidos diariamente en planta después de los controles de calidad y sanitarios en el mercado de pescado. La planta puede negociar con los proveedores las características de los mejillones proporcionados, para que cumplan con las demandas de los clientes. La planta proporciona mejillones cocidos a plantas procesadoras de alimentos, plantas de conservas, y también a supermercados. Normalmente, los mejillones de alta calidad (los más grandes) se envían a las plantas de enlatado y a mercados que no los procesan más, mientras que los mejillones pequeños se entregan a las plantas de procesado de alimentos donde se mezclan con otros productos para producir comidas precocinadas.

6.4 METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este trabajo ha sido desarrollada y validada en un trabajo anterior (Torres Rodríguez et al., 2011). Integra dos herramientas: AFME, aplicada a un sistema industrial para identificar sus FM; y Análisis de MTD para seleccionar las técnicas

candidatas más apropiadas para mejorar el proceso basado en el FM identificado. AFME adapta la metodología propuesta por Hendriks et al. (2000), mientras que el análisis de MTD utiliza el método adoptado del *EIPPCB* por Barros et al. (2007) La metodología incluye los siguientes pasos:

1) Definición del sistema en estudio.

- Identificación de la planta industrial.

- Análisis cualitativo del proceso seleccionado: identificación de sus límites, definición y descripción de sus etapas, y análisis de entradas, salidas y flujos internos. Este análisis debe basarse en visitas técnicas a la planta y en una revisión bibliográfica.

2) AFME

- Recopilación de datos. Identificación de los datos necesarios para completar el modelo. Los flujos y las existencias de materia y energía del proceso pueden determinarse mediante mediciones directas (respaldadas por visitas técnicas a la planta industrial), estimaciones, entrevistas, bases de datos de agencias de protección del medio ambiente, documentos científicos, etc.
- Modelado de escenarios.
    - Selección de software.
    - Modelado del sistema utilizando el software seleccionado. Creación de escenarios creando redes y subredes. El modelo se alimenta con los datos recopilados. Los balances de materia y energía se realizan en aquellos procesos donde no hay datos disponibles.
    - Ejecución del modelo y resultados del AFME. Cuando está completo, el modelo se ejecuta para obtener los resultados del AFME del sistema seleccionado.

3) Selección de los FM. Los resultados obtenidos del AFME se analizan para identificar el FM, es decir, aquellas entradas, salidas o flujos internos que son notables en comparación con los otros flujos del proceso.

4) Análisis de MTD

- Recopilación e inventario de técnicas candidatas a ser MTD para el proceso industrial seleccionado.

- Identificación de las MTD ya implementadas. Da una idea del desempeño ambiental de la planta y de la eficiencia de las técnicas implementadas.

- Selección de las MTD según los FM. Las técnicas candidatas del inventario se seleccionan para cada uno de los FM identificados.

6.5 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

6.5.1 Identificación de la planta industrial

La metodología se aplica a una planta de cocción de mejillones, una PYME del sector gallego del mejillón.

6.5.2 Análisis cualitativo del proceso industrial seleccionado

El proceso productivo implica tres etapas consecutivas más una serie de operaciones auxiliares (Figura 6.1) cuyo objetivo es producir mejillones cocidos a partir de mejillones frescos, que son la materia prima del proceso.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

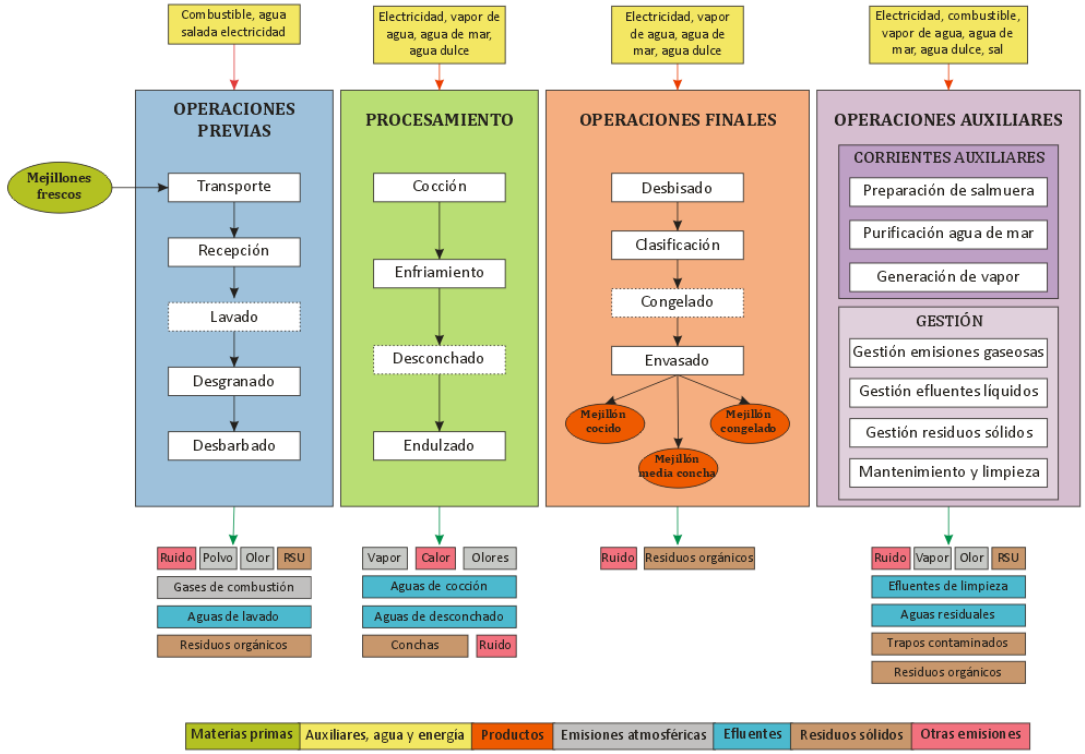


Figura 6.1. Diagrama de flujo y aspectos ambientales del proceso seleccionado

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

- Operaciones previas: esta etapa incluye el transporte, recepción, almacenamiento, lavado, desgranado y eliminación del biso (acondicionamiento de materias primas) (Figura 6.2)

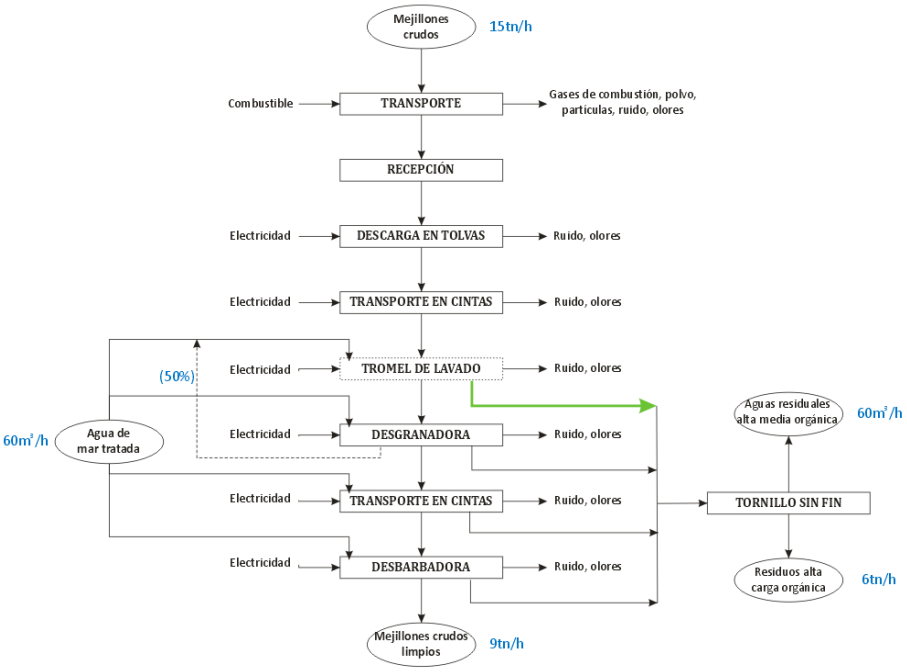


Figura 6.2. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de operaciones previas

Los mejillones frescos crudos se recogen de las bateas y se transportan a la planta en camión. Estos mejillones transportan todo tipo de material recolectado del mar, que incluye una amplia variedad de desechos orgánicos como plantas marinas, mejillones, peces pequeños, otros moluscos, crustáceos, así como otros materiales como arena, barro, restos de cuerdas, etc.

En la recepción se inspeccionan las materias primas. Se verifican los registros sobre calidad, cantidad y tasa de rechazo estimada de la carga específica de mejillón. La tasa de rechazo corresponde a la cantidad de residuos que llegan con los mejillones sin considerar las conchas.

Después de la inspección, los mejillones se descargan en las tolvas de recepción. Es una operación ruidosa y el período de almacenamiento puede generar olores.

El lavado y el acondicionamiento comienzan transportando mejillones al trómel de lavado mediante cintas transportadoras. En esta operación se consume energía eléctrica y se generan ruidos y olores asociados con la manipulación del mejillón.

El trómel de lavado es un tambor rotativo que utiliza agua de mar previamente purificada o pretratada, mezclada con la llamada agua de Baja Carga Orgánica (BCO), retroalimentada desde las etapas de enfriamiento y lavado incluidas en la etapa de procesado. Este equipo consume electricidad y agua de mar pretratada mezclada con agua BCO. Como resultado, se produce ruido y agua BCO. Estas aguas residuales arrastran la mayor parte de la suciedad que traen los mejillones crudos frescos.

Los mejillones destinados a producir mejillones de media concha no cruzan el trómel de lavado, sino que van directamente al desgranado. La planta está provista de tres desgranadoras: dos utilizadas para mejillones destinados a ser productos sin conchas, y una utilizada para mejillones procesados como media concha. En las desgranadoras, los mejillones se separan mecánicamente entre sí, lo que da como resultado la rotura de un porcentaje relativamente alto de mejillones. Se eliminan los residuos que son más pequeños que los mejillones. Es una operación muy ruidosa, que consume electricidad y agua de mar pretratada mezclada con agua de BCO. Genera agua de BCO, así como residuos sólidos orgánicos y olor.

La etapa final es la eliminación de biso, donde los mejillones se encuentran en cintas transportadoras que consumen electricidad y agua de mar pretratada mezclada con agua de BCO. En esta etapa, los bisos se retiran de los mejillones crudos por acción mecánica. En esta operación se generan olores y aguas residuales que arrastran los restos orgánicos.

- Procesado: incluye todas las operaciones relacionadas con la cocción de mejillones y el posterior acondicionamiento (Figura 6.3)

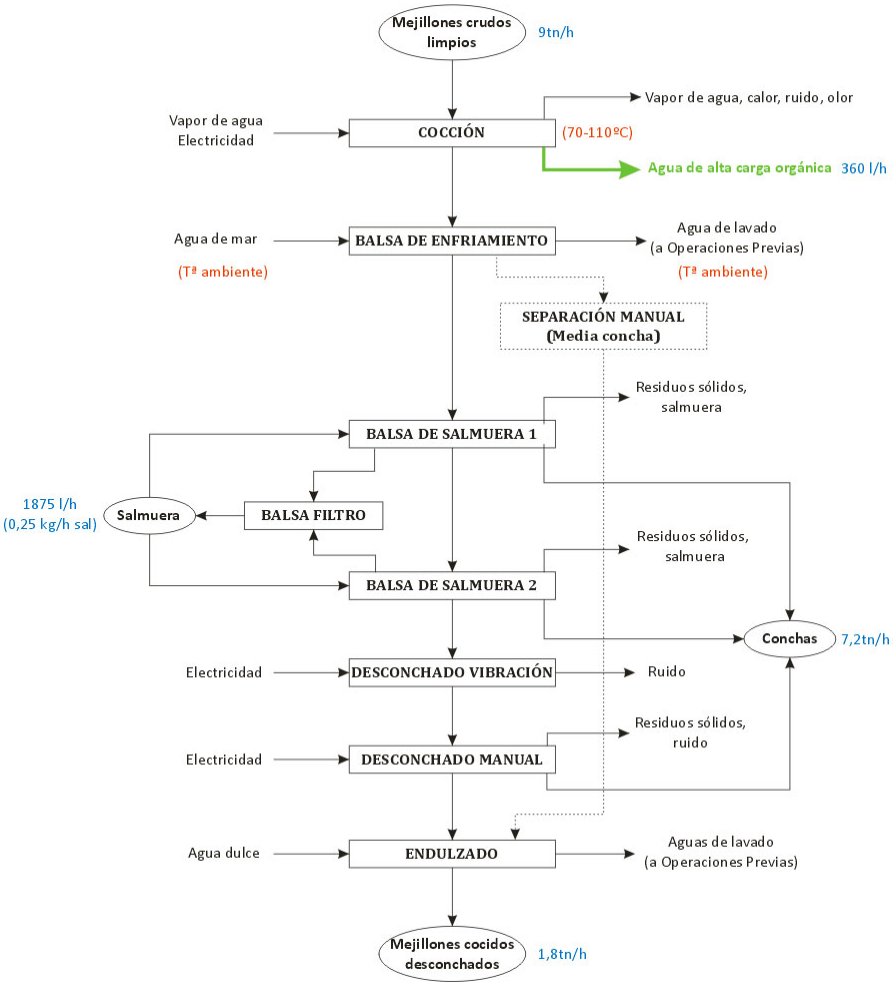


Figura 6.3. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de procesado

Los mejillones crudos limpios se cuecen al vapor en un cocedero discontinuo con capacidad limitada. Las condiciones de trabajo dependen de las características de cada carga específica (especialmente del tamaño del mejillón) y del producto final deseado (los mejillones de media concha requieren condiciones menos

severas). El proceso de cocción consume electricidad y vapor de agua. Por otro lado, se genera ruido, olor, vapor y agua de alta carga orgánica (ACO). Además de cocerse, los mejillones también se abren.

Los mejillones cocidos se descargan en una balsa de enfriamiento que contiene agua de mar tratada, donde permanecen hasta que su temperatura disminuye lo suficiente como para permitir la manipulación. El agua de mar utilizada para el enfriamiento debe pasar por un tratamiento de purificación, incluida la desinfección UV. Esta agua está a temperatura ambiente, pero la temperatura puede aumentar hasta un par de grados después de recibir una descarga de mejillones cocidos. El agua BCO generada como resultado de este proceso se utiliza en "operaciones previas".

Los mejillones cocidos y enfriados se transportan, por medio de una cinta transportadora, a dos balsas consecutivas con salmuera previamente preparada. En estas balsas, las viandas se separan de las conchas (el agua salada favorece la separación) y debido a la diferencia de densidad, las viandas se encuentran a una profundidad diferente a la de las conchas. La salmuera de ambas balsas se filtra a través de un filtro para retroalimentar. El flujo de salmuera entre las balsas favorece la separación de las viandas y las conchas. Los mejillones, muchos de ellos todavía con conchas, circulan a lo largo de una cinta transportadora que no solo transporta mejillones, sino que también provoca la separación física de la vianda y la concha. Las conchas que aún quedan se retiran manualmente mientras las viandas se transportan a través de cintas transportadoras a la siguiente etapa. Mientras tanto, los trabajadores verifican y separan las viandas de los depósitos restantes y otros residuos orgánicos. Esta operación consume electricidad, genera ruido, conchas y otros desechos orgánicos.

La última etapa es lavar las viandas con agua dulce para reducir la concentración de sal. El agua BCO generada después del lavado se reutiliza en "operaciones previas".

Los mejillones destinados a producir mejillones de media concha se procesan de manera diferente. Necesitan condiciones de cocción menos severas para evitar la separación de los depósitos de la vianda. Después del enfriamiento, los mejillones son transportados por una

cinta transportadora donde los trabajadores arrancan manualmente una de las conchas. Después de esta operación manual, los mejillones van directamente a las balsas de agua dulce.

- Operaciones finales: esta etapa incluye todas las operaciones necesarias para preparar los mejillones cocidos para la venta (Figura 6.4)

Después del "procesado", las viandas de mejillón y los mejillones de media concha se transportan al área de extracción de biso mediante cintas transportadoras. Los trabajadores eliminan manualmente el biso que ha quedado unido a las viandas. Se generan residuos sólidos como biso y conchas rotas. El ruido y los olores también están relacionados con este proceso.

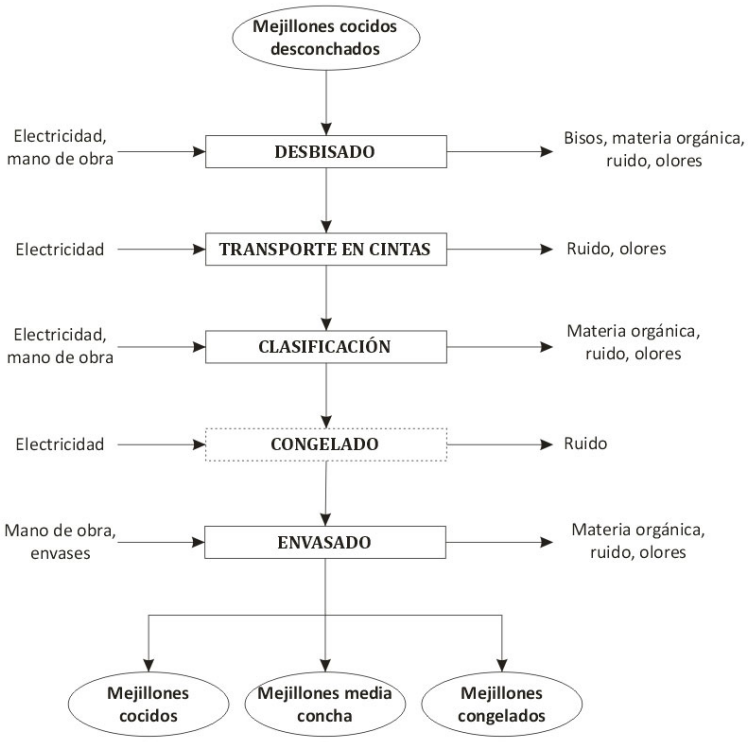


Figura 6.4. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de Operaciones finales

Posteriormente, las viandas de mejillones se clasifican según su tamaño por tamices vibratorios. Esta etapa es verificada por los trabajadores que supervisan y clasifican la vianda por tamaños, de acuerdo con la calidad establecida del producto final:

- Extra: <80 piezas por kilogramo.
- Estándar: 100-150 piezas por kilogramo.
- Enlatado: 150-500 piezas por kilogramo.
- Viandas rotas: van a la industria alimentaria para comidas precocinadas.

La clasificación consume electricidad y genera ruido debido a las vibraciones de los tamices. En la siguiente etapa, las viandas destinadas a la venta como producto congelado y mejillones de media concha se congelan, lo que consume electricidad.

La última operación es empacar el producto final. Es una operación manual que consume envases de plástico, previamente esterilizados con vapor.

- Operaciones auxiliares:
    - Preparación de flujos auxiliares:

Preparación de salmuera: la salmuera es una mezcla de agua dulce que cumple con la calidad del agua potable y la sal comercial. Se prepara semanalmente para que pueda reutilizarse durante toda la semana. Después de cinco días, se elimina.

Purificación de agua de mar: el agua de mar debe tratarse antes de ser consumida en el proceso (Figura 6.5). Es extraída del mar por una bomba de succión. Los materiales sólidos traídos con el agua de mar se eliminan por filtración y decantación. Finalmente, el agua de mar se desinfecta mediante la adición de un antiséptico (hipoclorito de sodio). Esta agua de mar pretratada se puede usar en "operaciones previas".

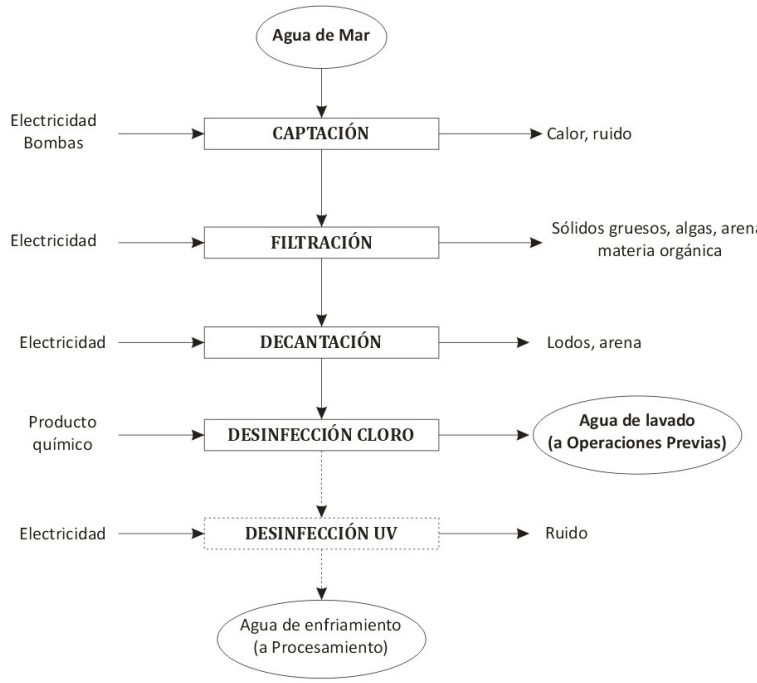


Figura 6.5. Análisis cualitativo y localización de los flujos del proceso correspondientes a la etapa de Operaciones Auxiliares: tratamiento de agua de mar

El agua de mar que se utilizará en la etapa de "procesado", especialmente en las balsas de enfriamiento, requiere una desinfección adicional con luz UV. El agua resultante es la llamada agua de mar tratada.

Generación de vapor: el vapor de agua se produce en una caldera con motor diesel (generador de vapor). Esta actividad genera gases producto de la combustión del combustible.

- Gestión:

Emisiones gaseosas: en el momento de realización de este estudio, la planta no tenía ningún sistema para controlar y medir las emisiones gaseosas.

Efluentes líquidos: todas las aguas residuales generadas en "operaciones previas" y "procesamiento" se recogen en un tanque de homogeneización para su posterior tratamiento. En este depósito

también se almacenan las aguas residuales de los servicios de higiene, aunque las aguas residuales pronto se canalizarán a una red pública de alcantarillado.

Residuos sólidos: los residuos sólidos de todo el proceso de producción se muelen para reducir su tamaño. Luego se almacenan en tolvas antes de ser recogidos por un agente autorizado.

Mantenimiento y limpieza: El mantenimiento del equipo lo realizan tres mecánicos. También toman el control de los parámetros (presión y temperatura) del vapor de agua para cocer los mejillones. Esta actividad genera residuos sólidos contaminados con aceites industriales, productos químicos y residuos líquidos como los aceites utilizados en los equipos.

La limpieza del equipo es realizada por trabajadores con una frecuencia programada por los mecánicos. Esta actividad genera aguas residuales con pequeñas cantidades de aceites minerales de los equipos. La limpieza de las instalaciones es una tarea continua, principalmente en el campo de la producción de bienes para consumo humano. En esta operación se generan aguas residuales con polvo y suciedad.

6.6 AFME

6.6.1 Recopilación de datos

La mayoría de los datos se obtuvieron *in situ*, en un día laborable. La Tabla 6.1 muestra los datos recopilados, que se refieren a entradas, salidas y algunas consideraciones específicas sobre ciertos flujos. Algunos otros datos se obtuvieron de pruebas en el laboratorio, utilizando muestras tomadas *in situ*. Las muestras analizadas son desechos sólidos orgánicos y agua ACO de la cocción (Figura 6.3). La Tabla 6.2 muestra los resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 6.1. Especificaciones de entradas y salidas de material (medidas in situ)

Material	Flujo	Unidades	Especificaciones
		Entradas	
Mejillones frescos crudos	75-160	t/día	Productos finales: 5% Mejillón cocido de media concha y congelado

Material	Flujo	Unidades	Especificaciones
			30% Mejillón cocido 65% Mejillón cocido y congelado
Diesel	400-500	l/día	Para producción de vapor
Salmuera	75	t/semana	La disolución se prepara y recircula semanalmente.
Sal	10	t/semana	
Agua de mar	50-60	m^3/h	50% se devuelve al trómel de lavado
Envases			$1,5 \cdot 10^{-3}$ $kg_{envase}/kg_{producto}$
Antiséptico			15% disolución de NaClO
		Salidas	
Residuo sólido orgánico[1]			40-50% de los mejillones frescos crudos
Conchas			80% de los mejillones limpios
Bisus	40-50	kg/día	
Agua ACO	30	l/ ciclo	Ciclos de cocción de 3 minutos

[1] suciedad de los mejillones

Tabla 6.2. Especificaciones de subproductos potenciales mediante análisis de laboratorio

Muestra	Composición (% en peso)	
	Materia orgánica	Compuestos inorgánicos
Agua ACO[1]	50,32	49,68
Residuo sólido orgánico[2]	16,00	84,00

[1] 5,08 % en peso de sólidos en suspension totales
[2] De las operaciones previas

Debido a la naturaleza discontinua del proceso, el límite de tiempo considerado para el AFME es de un día. La producción diaria se ve afectada por algunas etapas del proceso con capacidades de producción limitadas (Tabla 6.3)

Tabla 6.3. Capacidad máxima de algunas etapas

Etapa del proceso	Capacidad máxima
Tolvas de recepción	10-20 t
Cocción	200 kg/ciclo
Congelación	5 t/día

La eficiencia está limitada por la capacidad de la etapa de cocción. El cocedero solo puede procesar 200 kg de mejillones en un ciclo. Aunque los ciclos de cocción dependen del producto final

deseado (mejillón de media concha o mejillón cocido) y del tamaño del mejillón (los mejillones más grandes requieren períodos de cocción más largos), se considera una duración promedio de 3 minutos por ciclo de cocción. Por lo tanto, en un día hábil se pueden procesar 32 t de mejillones.

En los ciclos de cocción, la temperatura oscila entre 70-110ºC (aunque a veces la temperatura puede llegar incluso a 130ºC) y la presión está entre 0-3 bares.

Durante los períodos de captura de mejillones, los mejillones que no pueden procesarse (debido a la capacidad limitada de la etapa de cocción) se congelan directamente después de "operaciones previas", para que puedan completar el proceso en períodos de baja producción (de cosecha) de mejillón en las bateas. La etapa de congelación también está limitada, ya que en un día hábil no se pueden obtener más de 5 t de mejillones cocidos congelados.

Con respecto al transporte, los camiones viajan solo en carreteras rurales, 120 kilómetros de distancia promedio recorrida. Normalmente, se necesitan seis camiones para transportar los mejillones consumidos en un día hábil, y la distancia aproximada entre el lugar de almacenamiento y la empresa es de 20 kilómetros.

6.7 MODELIZACIÓN DE ESCENARIOS

6.7.1 Selección del software

El software seleccionado es Umberto (IFU, 2005), desarrollado por *Ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH en cooperación con Ifeu-Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GmbH*.

Umberto permite modelar, calcular y visualizar materiales y sistemas de flujo de energía. Se pueden crear proyectos individuales, cada uno con varios escenarios. Las redes de flujo de materiales y energía en *Umberto* consisten en tres tipos diferentes de elementos (IFU, 2005):

- Transición. Es un sitio en la red de flujo donde se transforman materiales y energía. Están representados por cuadrados. Se puede especificar una transición usando los coeficientes entre los flujos de entrada y salida (linealmente dependientes) o usando expresiones matemáticas (procesos no lineales).

- Lugar. Es un sitio en la red de flujo donde el material y la energía se almacenan o distribuyen. Están representados por un círculo. Hay cuatro tipos diferentes de lugares:
    - Entrada. Estos lugares son los límites de la red con respecto a los flujos de material y energía que ingresan al sistema.
    - Salida. Fijan los límites del sistema con respecto a los flujos que salen del sistema.
    - Almacenamiento. Estos elementos son lugares donde se pueden almacenar materiales.
    - Conexión. Estos lugares solo pueden distribuir flujos y no pueden actuar como almacenamiento.
    - Además, hay dos tipos de lugares especiales:

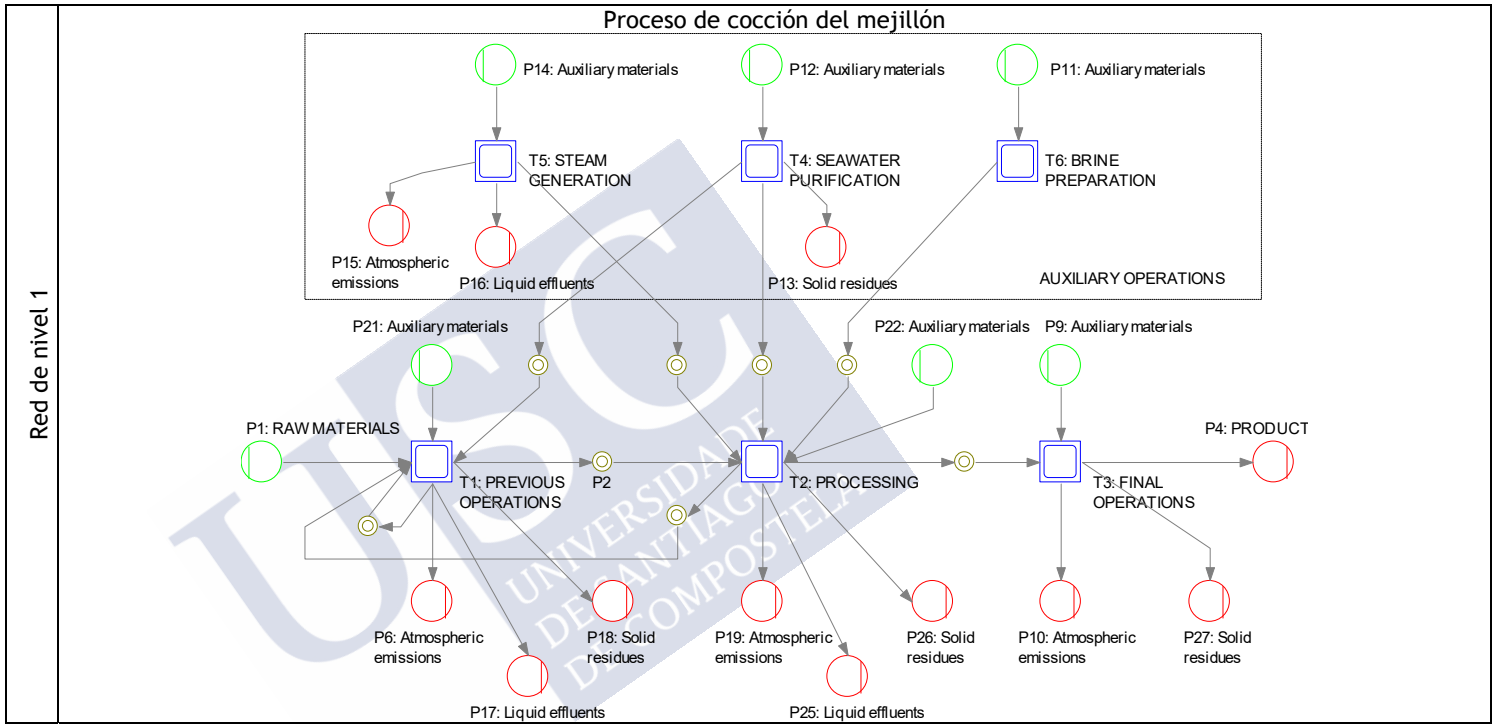
De entrada y salida. Estos lugares combinan la función del lugar de entrada y el lugar de salida en un solo lugar.

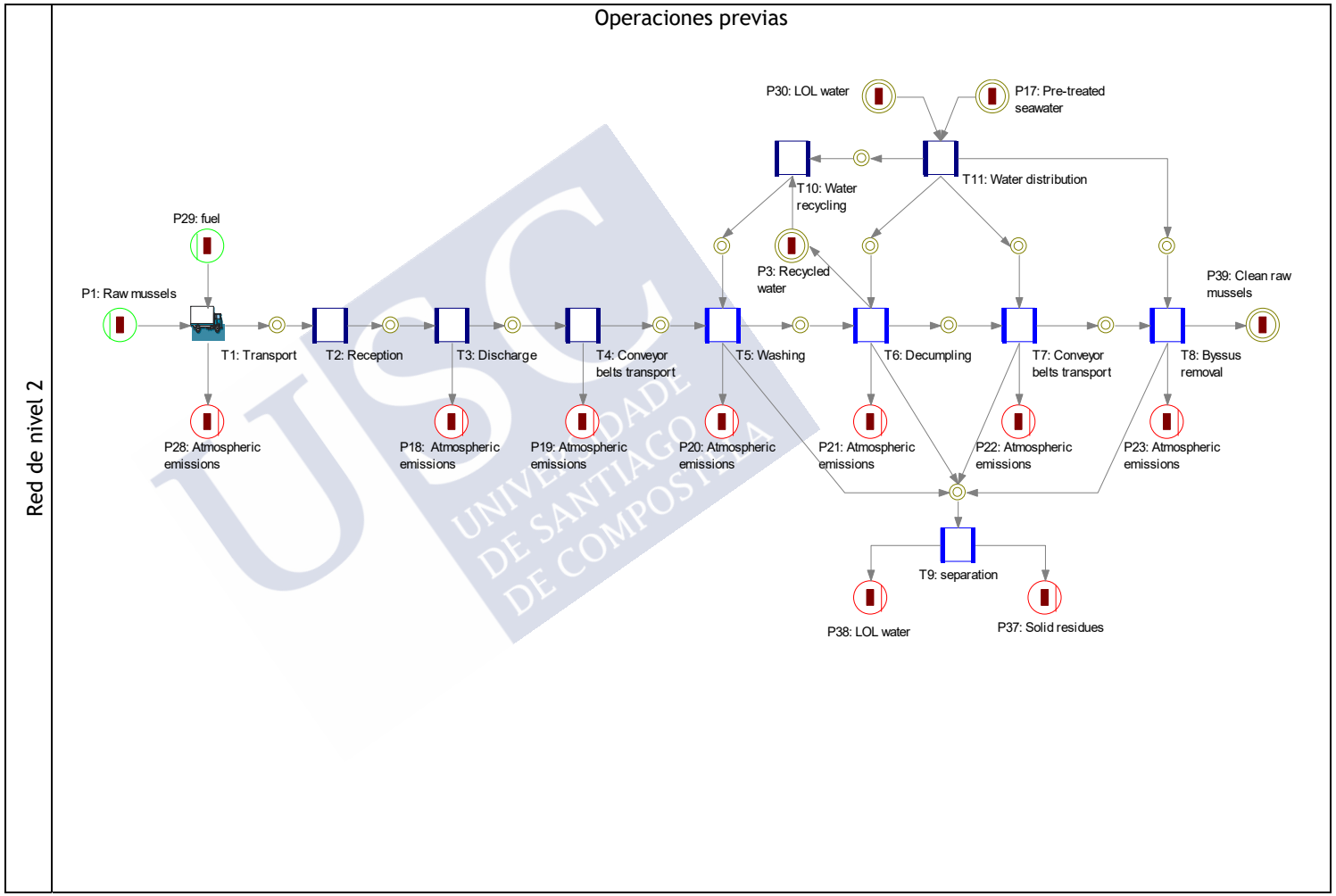
Puerto. Este elemento representa el enlace entre dos capas de red: una red y su subred.

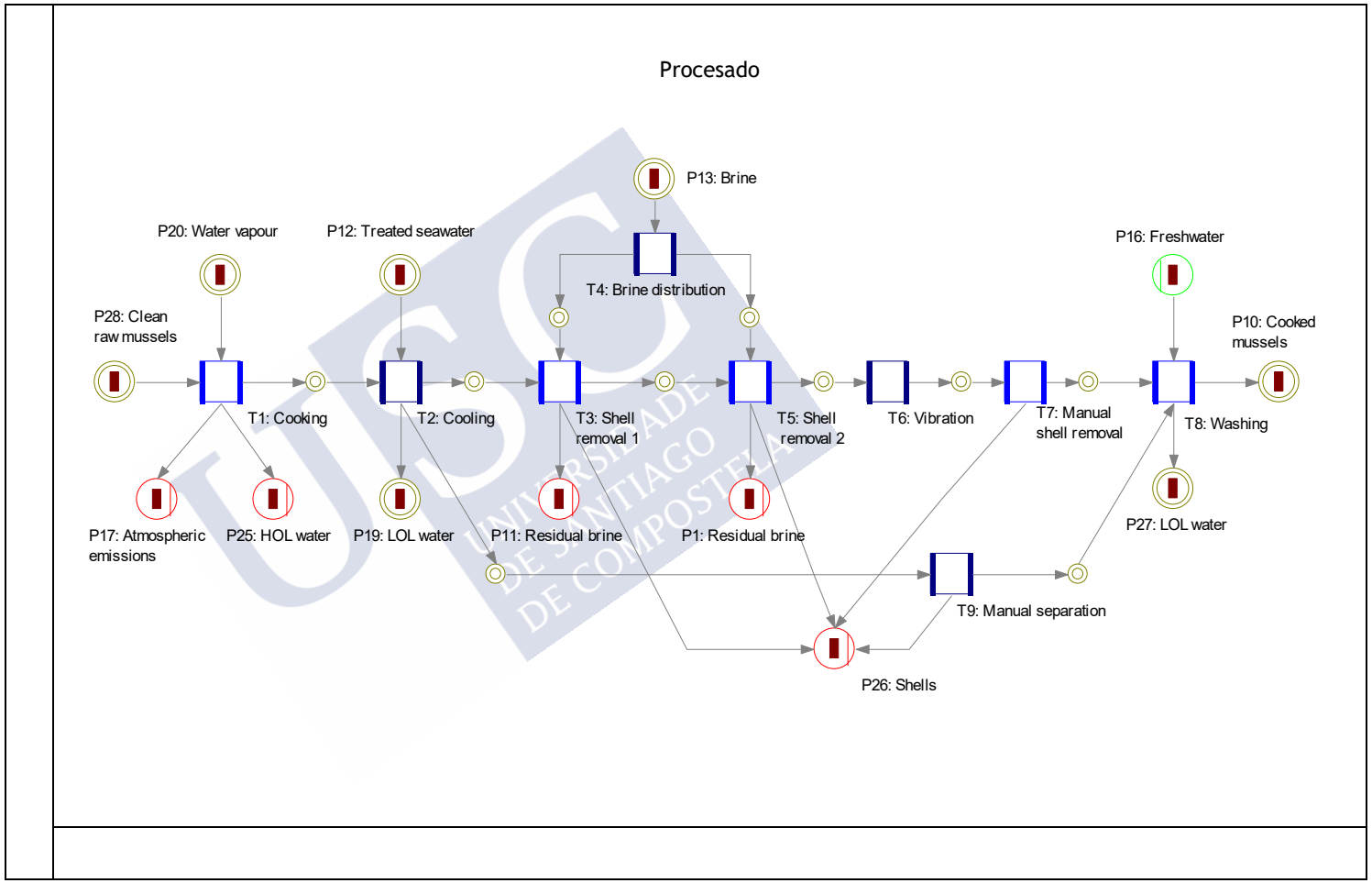
- flechas. Vinculan lugares y transiciones que también muestran la dirección de los flujos.

6.7.2 Modelización del sistema

La red principal (Figura 6.6), o red de primer nivel, del modelo incluye seis transiciones, tres correspondientes a las etapas 'operaciones previas', 'procesado' y 'operaciones finales', y el resto correspondiente a los tres procesos incluidos en 'preparación de flujos auxiliares', en la etapa de 'operaciones auxiliares' (como se muestra en la Figura 6.1). Las transiciones están unidas por lugares de conexión. Cada transición incluye una subred (red de segundo nivel), donde todas las sub-etapas identificadas en el análisis cualitativo (Figura 6.2, Figura 6.3, Figura 6.4, Figura 6.5) se modelan como transiciones.


Red de nivel 1
Proceso de cocción del mejillón
P14: Auxiliary materials
P12: Auxiliary materials
P11: Auxiliary materials
T5: STEAM GENERATION
T4: SEAWATER PURIFICATION
T6: BRINE PREPARATION
P15: Atmospheric emissions
P16: Liquid effluents
P13: Solid residues
AUXILIARY OPERATIONS
P21: Auxiliary materials
P22: Auxiliary materials
P9: Auxiliary materials
P1: RAW MATERIALS
P4: PRODUCT
T1: PREVIOUS OPERATIONS
P2
T2: PROCESSING
T3: FINAL OPERATIONS
P6: Atmospheric emissions
P18: Solid residues
P19: Atmospheric emissions
P26: Solid residues
P10: Atmospheric emissions
P27: Solid residues
P17: Liquid effluents
P25: Liquid effluents


Red de nivel 2
Operaciones previas
P30: LOL water
P17: Pre-treated seawater
T10: Water recycling
T11: Water distribution
P29: fuel
P1: Raw mussels
P3: Recycled water
P39: Clean raw mussels
T1: Transport
T2: Reception
T3: Discharge
T4: Conveyor belts transport
T5: Washing
T6: Decumpling
T7: Conveyor belts transport
T8: Byssus removal
P28: Atmospheric emissions
P18: Atmospheric emissions
P19: Atmospheric emissions
P20: Atmospheric emissions
P21: Atmospheric emissions
P22: Atmospheric emissions
P23: Atmospheric emissions
T9: separation
P38: LOL water
P37: Solid residues


Procesado
P13: Brine
P20: Water vapour
P12: Treated seawater
P16: Freshwater
T4: Brine distribution
P28: Clean raw mussels
P10: Cooked mussels
T1: Cooking
T2: Cooling
T3: Shell removal 1
T5: Shell removal 2
T6: Vibration
T7: Manual shell removal
T8: Washing
P17: Atmospheric emissions
P25: HOL water
P19: LOL water
P11: Residual brine
P1: Residual brine
P27: LOL water
T9: Manual separation
P26: Shells

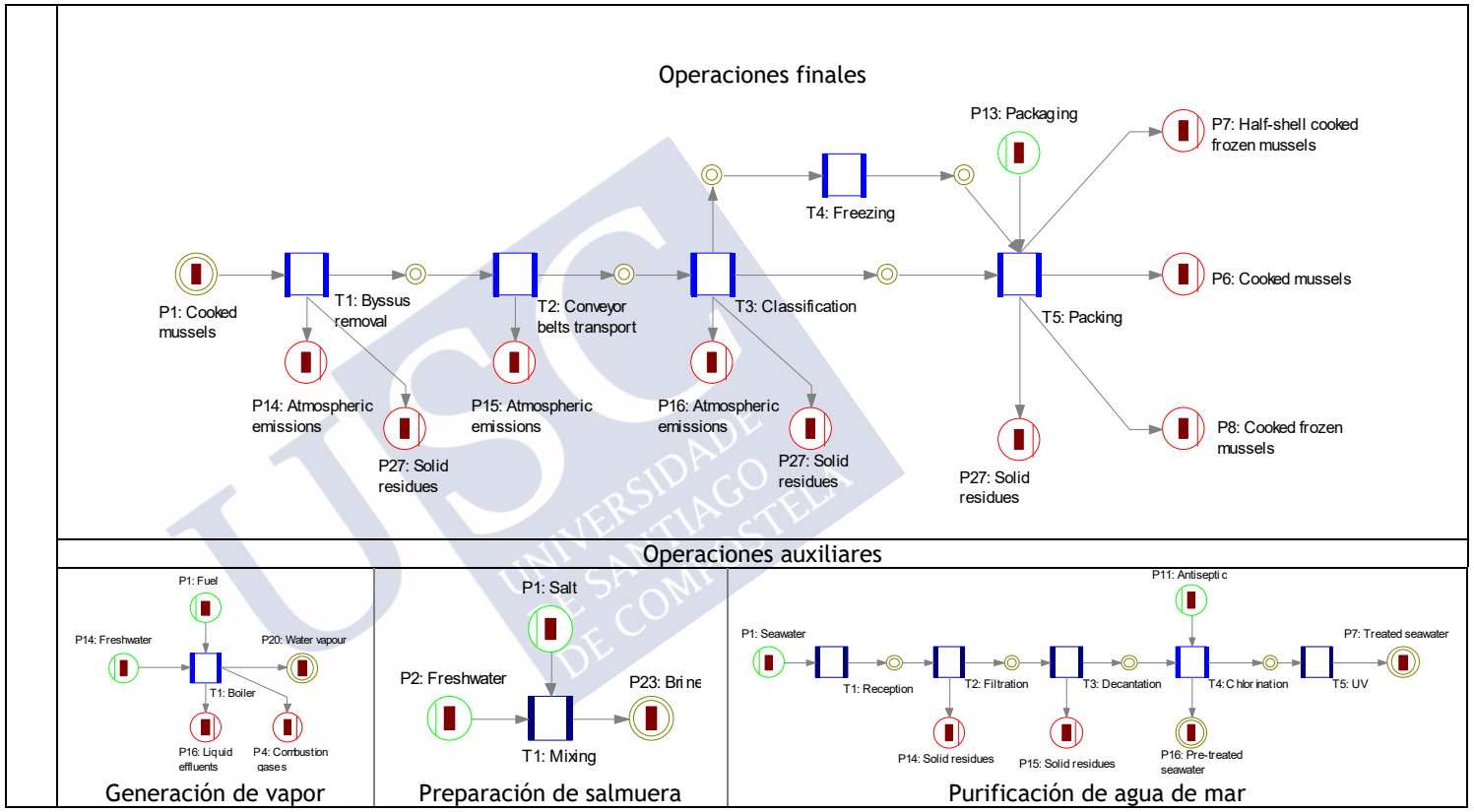


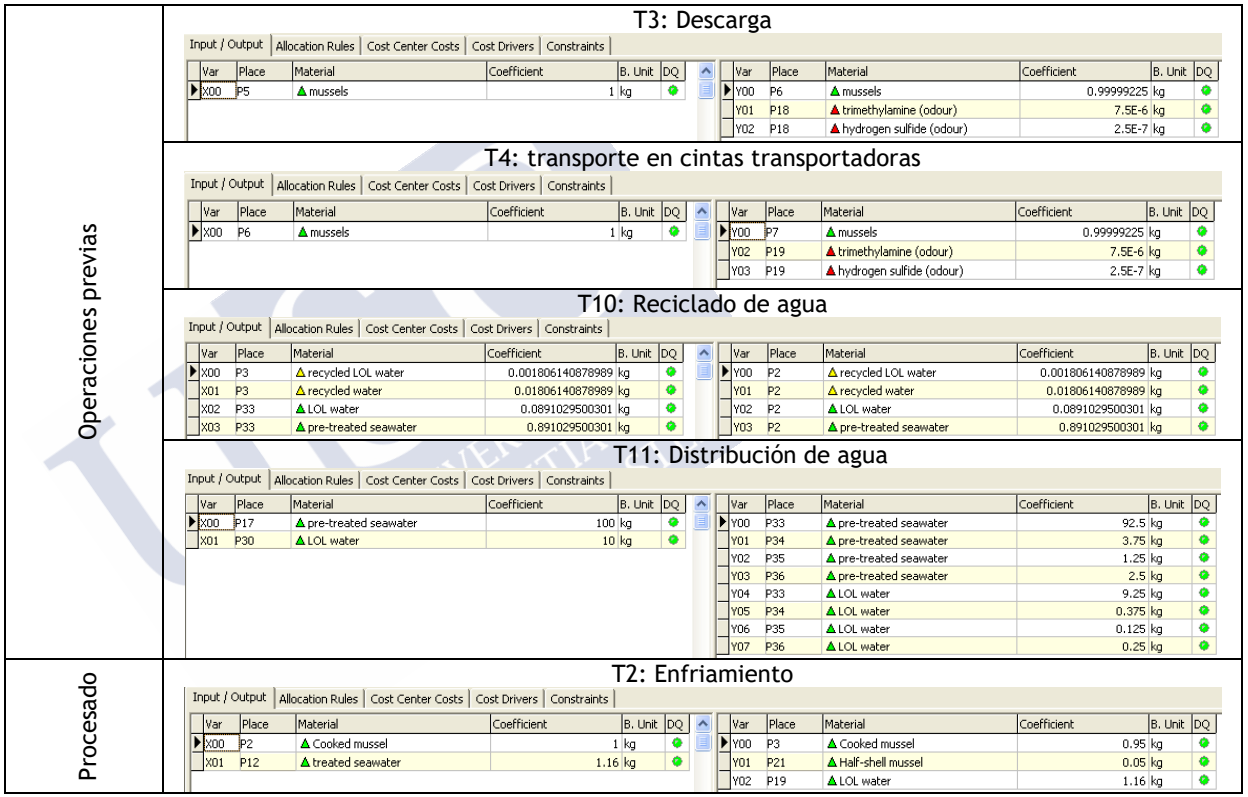
Figura 6.6. Redes del proceso (1er nivel y 2º nivel)

Las entradas, salidas y flujos internos se representan como lugares. Los lugares verdes representan insumos, como materias primas (mejillones) y materiales auxiliares (combustible, agua, envases y productos químicos). Por otro lado, los lugares rojos representan salidas: emisiones atmosféricas (gases de combustión, olores y vapor de agua), efluentes líquidos (agua ACO, salmuera residual y aguas residuales), residuos sólidos (principalmente conchas) y productos.

Umberto clasifica los flujos como entradas o salidas, indicando los materiales involucrados, asignando flujos y asignando variables para el cálculo.

Algunas de las transiciones involucradas en cada subred son lineales, por lo que se han corregido los coeficientes relacionados con los flujos de entrada y salida. Estos coeficientes se determinaron mediante balances de materia simples sobre la base de 1 kg de mejillón, utilizando datos de la Tabla 6.1 y la Tabla 6.2.

Los coeficientes para las transiciones lineales se muestran en la Figura 6.7, excepto aquellos que representan procesos donde las entradas y salidas son exactamente las mismas, y consecuentemente tanto los materiales como los coeficientes son los mismos en los flujos de entrada y salida. Este es el caso de la transición T2 (recepción) en la subred 'operaciones previas', la transición T6 (vibración) en la subred 'procesado', o las transiciones T1 (recepción) y T5 (UV) en la subred 'purificación de agua de mar', incluida en las operaciones auxiliares.


Operaciones previas
Procesado
T3: Descarga
Input / Output | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Constraints
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
X00 | P5 | mussels | 1 | kg
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
Y00 | P6 | mussels | 0.99999225 | kg
Y01 | P18 | trimethylamine (odour) | 7.5E-6 | kg
Y02 | P18 | hydrogen sulfide (odour) | 2.5E-7 | kg
T4: transporte en cintas transportadoras
Input / Output | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Constraints
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
X00 | P6 | mussels | 1 | kg
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
Y00 | P7 | mussels | 0.99999225 | kg
Y02 | P19 | trimethylamine (odour) | 7.5E-6 | kg
Y03 | P19 | hydrogen sulfide (odour) | 2.5E-7 | kg
T10: Reciclado de agua
Input / Output | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Constraints
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
X00 | P3 | recycled LOL water | 0.001806140878989 | kg
X01 | P3 | recycled water | 0.01806140878989 | kg
X02 | P33 | LOL water | 0.0891029500301 | kg
X03 | P33 | pre-treated seawater | 0.891029500301 | kg
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
Y00 | P2 | recycled LOL water | 0.001806140878989 | kg
Y01 | P2 | recycled water | 0.01806140878989 | kg
Y02 | P2 | LOL water | 0.0891029500301 | kg
Y03 | P2 | pre-treated seawater | 0.891029500301 | kg
T11: Distribución de agua
Input / Output | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Constraints
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
X00 | P17 | pre-treated seawater | 100 | kg
X01 | P30 | LOL water | 10 | kg
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
Y00 | P33 | pre-treated seawater | 92.5 | kg
Y01 | P34 | pre-treated seawater | 3.75 | kg
Y02 | P35 | pre-treated seawater | 1.25 | kg
Y03 | P36 | pre-treated seawater | 2.5 | kg
Y04 | P33 | LOL water | 9.25 | kg
Y05 | P34 | LOL water | 0.375 | kg
Y06 | P35 | LOL water | 0.125 | kg
Y07 | P36 | LOL water | 0.25 | kg
T2: Enfriamiento
Input / Output | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Constraints
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
X00 | P2 | Cooked mussel | 1 | kg
X01 | P12 | treated seawater | 1.16 | kg
Var | Place | Material | Coefficient | B. Unit | DQ
Y00 | P3 | Cooked mussel | 0.95 | kg
Y01 | P21 | Half-shell mussel | 0.05 | kg
Y02 | P19 | LOL water | 1.16 | kg

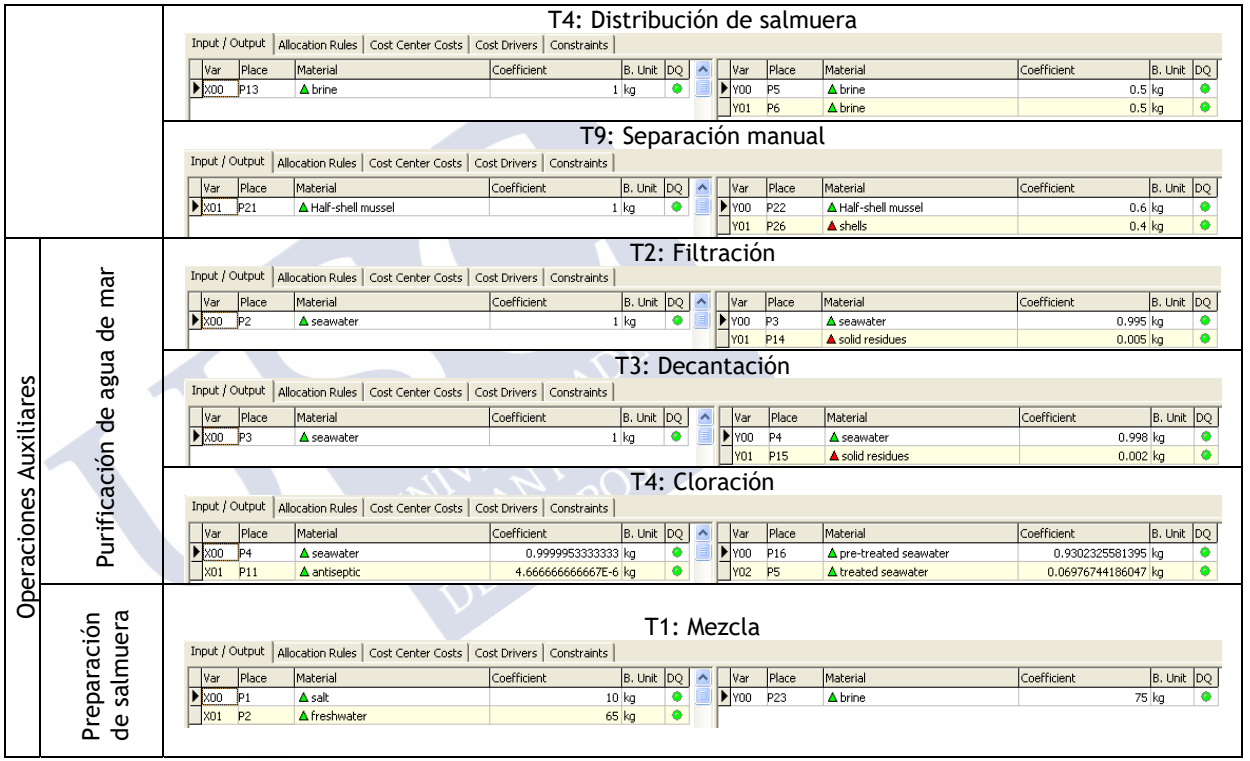


Figura 6.7. Especificaciones para transiciones lineales

La mitad de las transiciones no son lineales, por lo que se han programado utilizando, en la mayoría de los casos, balances de materia sobre la base de 1 kg de mejillón cocido. Los datos de la Tabla 6.1, Tabla 6.2 y Tabla 6.3, así como la información adicional incluida en la sección 6.5.1 se utilizan para los balances de masa. La Figura 6.8 representa las asignaciones de flujo de entrada y salida y las expresiones matemáticas programadas para todas las transiciones, clasificadas por subred. Las consideraciones y suposiciones específicas hechas en cada subred se explican a continuación.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Operaciones previas

T5: Lavado

Input / Output | Parameters | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Referenced Stocks | Constraints

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P7	mussels	kg	
X02	P2	LOL water	kg	
X06	P2	pre-treated seawater	kg	
X10	P2	recycled water	kg	
X11	P2	recycled LOL water	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P8	mussels	kg	
Y02	P20	trimethylamine (odour)	kg	
Y03	P20	hydrogen sulfide (odour)	kg	
Y04	P24	LOL water	kg	
Y05	P24	pre-treated seawater	kg	
Y06	P24	solid residues	kg	

x00=(y00/0.63)+Y02+Y03
y06=0.37*y00/0.63
Y02=0.05*1.5E-04*Y00/0.63
Y03=0.05*5E-06*Y00/0.63
Y04=X02+x11
Y05=X06+x10

T7: Transporte en cintas transportadoras

Input / Output | Parameters | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Referenced Stocks | Constraints

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P9	mussels	kg	
X02	P35	LOL water	kg	
X04	P35	pre-treated seawater	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P10	mussels	kg	
Y02	P22	trimethylamine (odour)	kg	
Y03	P22	hydrogen sulfide (odour)	kg	
Y04	P24	LOL water	kg	
Y05	P24	pre-treated seawater	kg	
Y07	P24	solid residues	kg	

x00=(0.615/0.61*y00)+Y02+Y03
y07=0.005/0.61*y00
y02=0.05*1.5E-04*(0.615/0.61*y00)
y03=0.05*5E-06*(0.615/0.61*y00)
Y04=X02
Y05=X04

T9: Separación

Input / Output | Parameters | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Referenced Stocks | Constraints

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X01	P24	LOL water	kg	
X02	P24	solid residues	kg	
X03	P24	pre-treated seawater	kg	
X04	P24	byssuses	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y01	P38	HOL water	kg	
Y02	P37	solid residues	kg	

Y01=X01+X03
Y02=X02+X04

T6: Desgranado

Input / Output | Parameters | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Referenced Stocks | Constraints

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P8	mussels	kg	
X02	P34	LOL water	kg	
X04	P34	pre-treated seawater	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P9	mussels	kg	
Y01	P21	trimethylamine (odour)	kg	
Y02	P21	hydrogen sulfide (odour)	kg	
Y09	P24	solid residues	kg	
Y14	P24	LOL water	kg	
Y15	P24	pre-treated seawater	kg	
Y16	P3	recycled water	kg	
Y17	P3	recycled LOL water	kg	

x00=(0.63/0.615*y00)+Y01+Y02
y09=0.015/0.615*y00
Y01=0.05*1.5E-04*0.63/0.615*y00
Y02=0.05*5E-06*0.63/0.615*y00
y14=0.5*x02
y15=0.5*x04
y16=0.5*x04
y17=0.5*x02

T8: Eliminación del biso

Input / Output | Parameters | Allocation Rules | Cost Center Costs | Cost Drivers | Referenced Stocks | Constraints

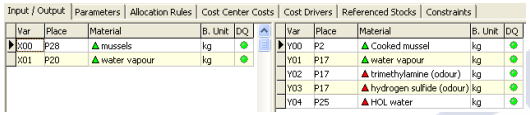
Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P10	mussels	kg	
X02	P36	LOL water	kg	
X04	P36	pre-treated seawater	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P39	mussels	kg	
Y01	P24	byssuses	kg	
Y02	P23	trimethylamine (odour)	kg	
Y03	P23	hydrogen sulfide (odour)	kg	
Y05	P24	LOL water	kg	
Y06	P24	pre-treated seawater	kg	

x00=(0.61/0.6*y00)+Y02+Y03
Y01=0.01/0.6*y00
Y02=0.05*1.5E-04*0.61/0.6*y00
Y03=0.05*5E-06*0.61/0.6*y00
Y05=X02
Y06=X04

Procesado

T1: Cocción

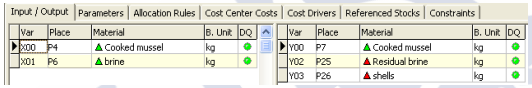


Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P28	mussels	kg	
X01	P20	water vapour	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P2	Cooked mussel	kg	
Y01	P17	water vapour	kg	
Y02	P17	trimethylamine (odour)	kg	
Y03	P17	hydrogen sulfide (odour)	kg	
Y04	P25	HOL water	kg	

Y00=X00-1.5E-4*X00-5E-6*X00
X01=0.1875*X00
Y01=X01-Y04
Y04=0.15*X00
Y02=1.5E-4*X00
Y03=5E-6*X00

T5: Eliminación de la concha 2

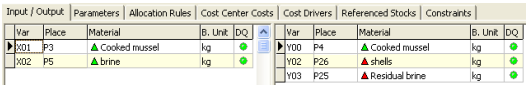


Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P4	Cooked mussel	kg	
X01	P6	brine	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P7	Cooked mussel	kg	
Y02	P25	Residual brine	kg	
Y03	P26	shells	kg	

y03=0.39*0.8*x00/0.52
y00=x00-y03
x01=0.5*0.5*x00
y02=x01

T3: Eliminación de la concha 1

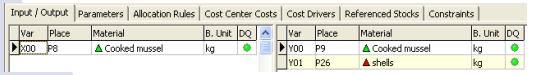


Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X01	P3	Cooked mussel	kg	
X02	P5	brine	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P4	Cooked mussel	kg	
Y02	P26	shells	kg	
Y03	P25	Residual brine	kg	

y02=0.6*0.8*x01
y00=x01-y02
X02=0.5*0.5*x01
y03=x02

T7: Eliminación manual de la concha

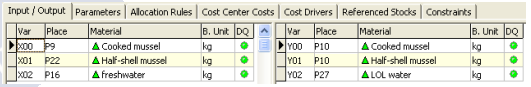


Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P8	Cooked mussel	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P9	Cooked mussel	kg	
Y01	P26	shells	kg	

y01=0.01*0.8/0.52/0.4*x00
y00=x00-y01

T8: Lavado



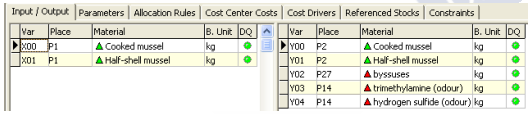
Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P9	Cooked mussel	kg	
X01	P22	Half-shell mussel	kg	
X02	P16	freshwater	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P10	Cooked mussel	kg	
Y01	P10	Half-shell mussel	kg	
Y02	P27	LOL water	kg	

Y00=X00
Y01=X01
X02=1.75*(X00+X01)
Y02=X02

Operaciones finales

T1: Eliminación del biso

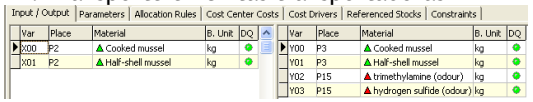


Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P1	Cooked mussel	kg	
X01	P1	Half-shell mussel	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P2	Cooked mussel	kg	
Y01	P2	Half-shell mussel	kg	
Y02	P27	byssuses	kg	
Y03	P14	trimethylamine (odour)	kg	
Y04	P14	hydrogen sulfide (odour)	kg	

Y00=X00-(Y02+Y03+Y04)*0.90476
Y01=X01-(Y02+Y03+Y04)*0.09524
Y02=0.7/100*(X00+X01)
Y03=7.5E-06*(X00+X01)*0.15
Y04=2.5E-07*(X00+X01)*0.15

T2: Transporte en cintas transportadoras



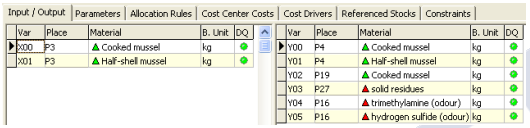
Var	Place	Material	B. Unit	DQ
X00	P2	Cooked mussel	kg	
X01	P2	Half-shell mussel	kg	

Var	Place	Material	B. Unit	DQ
Y00	P3	Cooked mussel	kg	
Y01	P3	Half-shell mussel	kg	
Y02	P15	trimethylamine (odour)	kg	
Y03	P15	hydrogen sulfide (odour)	kg	

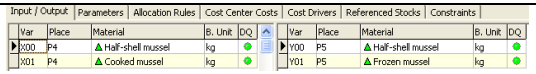
Y00=X00-(Y02+Y03)*0.90476
Y01=X01-(Y02+Y03)*0.09524
Y02=7.5E-06*(X00+X01)
Y03=2.5E-07*(X00+X01)

T4: Congelación

T3: Clasificación

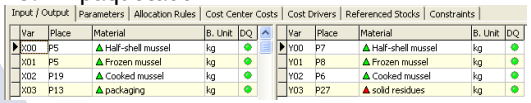


Y01=X01
Y00=0.7*(X00+X01)-Y01
Y02=X00-Y00-Y03-Y04-Y05
Y03=0.0001*X00
Y04=7.5E-6*X00
Y05=2.5E-7*X00



Y00=X00
Y01=X01

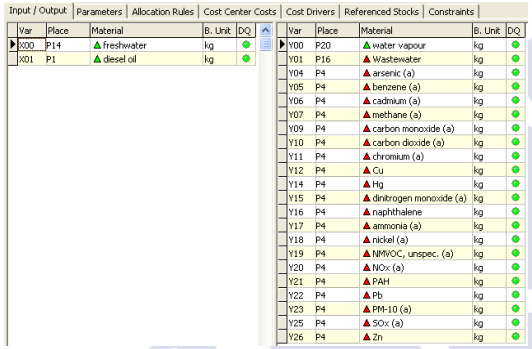
T5: Empaquetado



X03=1.5E-3*(X00+X01+X02)
Y03=0.001*X03
Y00=X00+(0.999*X03*0.05)
Y01=X01+(0.999*X03*0.65)
Y02=X02+(0.999*X03*0.3)

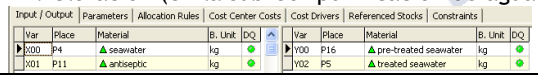
Operaciones auxiliares

T1: Generación de vapor (en la subred ‘generación de vapor‘)



X00=Y00/0.99
Y01=X00-Y00
X01=((4.179*80+2257)/(0.7*4.65E4))*(Y00/0.99)
Y25=(X01/1000)*4.00E0
Y20=(0.0387/0.832)*X01*9.00E-02
Y09=(0.0387/0.832)*X01*1.42E-02
Y23=(X01/1000)*1.43E-01
Y10=(0.0387/0.832)*X01*7.30E+01
Y07=(0.0387/0.832)*X01*1.86E-04
Y15=(0.0387/0.832)*X01*3.58E-04
Y19=(0.0387/0.832)*X01*1.50E-02
Y21=(0.0387/0.832)*X01*2.67E-07
Y05=(0.0387/0.832)*X01*1.89E-05
Y04=(0.0387/0.832)*X01*2.00E-06
Y06=(0.0387/0.832)*X01*3.55E-06
Y11=(0.0387/0.832)*X01*1.44E-05
Y12=(0.0387/0.832)*X01*3.93E-05
Y14=(0.0387/0.832)*X01*6.75E-07
Y18=(0.0387/0.832)*X01*7.64E-06
Y22=(0.0387/0.832)*X01*4.77E-06
Y26=(0.0387/0.832)*X01*1.80E-06
Y17=(X01/1000)*1.12E-1
Y16=(0.0387/0.832)*X01*6.77E-06

T4: Cloración (en la subred ‘purificación de agua de mar’)



X00=Y00+Y02-x01
X01=4.667E-6*(Y00+Y02)

Figura 6.8. Expresiones matemáticas programadas para transiciones incluidas en las redes de 2º nivel

6.7.2.1 Operaciones previas

Los principales flujos involucrados en esta etapa son agua, mejillones y residuos sólidos. Toda el agua utilizada en esta subred se consume en las transiciones T5 a T8. Transition T11 es el receptor y distribuidor de agua. Recibe agua de mar pretratada de la subred de "purificación de agua de mar" y también agua BCO reciclada de la subred de "procesamiento". La transición T11 distribuye el 92,5% del agua a T5 (lavado), el 3,75% a T6 (eliminación de residuos), el 1,25% a T7 (transporte) y el 2,5% a T8 (biso). El 50% del agua utilizada en T6 se recicla a T5 mediante la transición T10.

Para especificaciones adicionales, se indicó que los residuos sólidos producidos durante la etapa de "operaciones previas" representan el 40% de la cantidad de mejillones frescos sin procesar. Se supuso que el 92,50% del residuo sólido total se produjo durante el lavado (T5), el 3,75% en el desarmado (T6), el 1,25% en el transporte de las cintas transportadoras (T7) y el 2,50% durante la eliminación de biso (T8).

Dos compuestos químicos causan principalmente el olor generado por los mejillones: trimetilamina y sulfuro de hidrógeno. La Tabla 6.4 muestra los factores de emisión para ambos contaminantes en la industria de procesamiento de pescado. Durante la subred de "operaciones previas", se supuso que las emisiones de olor son el 5% de las predichas por los factores de emisión. La disminución del caudal debido a la generación de olores se ha considerado en los balances de mejillones.

Tabla 6.4. Factores de emisión

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Referencia
Motores industriales de combustion externa			
SO_x	$4{,}00 \cdot 10^{0}$	kg/t_{diesel}	(Xunta de Galicia, 2005)
NO_x	$9{,}00 \cdot 10^{-2}$	kg/GJ	(AEM, 2007)
CO	$1{,}42 \cdot 10^{-2}$	kg/GJ	(AP-42, 2008; AEM, 2007)
PM-10	$1{,}43 \cdot 10^{-1}$	kg/t_{diesel}	(AP-42, 2008)
CO_2	$7{,}30 \cdot 10^{1}$	kg/GJ	(AEM, 2007; IPCC, 2006)
CH_4	$1{,}86 \cdot 10^{-4}$	kg/GJ	(AP-42, 2008; IPCC, 2006)
N_2O	$3{,}58 \cdot 10^{-4}$	kg/GJ	(AP-42, 2008; IPCC, 2006)

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Referencia
COVNM	$1{,}50 \cdot 10^{-2}$		(AEM, 2007)
HAP	$2{,}67 \cdot 10^{-7}$		(AP-42, 2008; US EPA, 2004)
Benceno	$1{,}89 \cdot 10^{-5}$		(US EPA, 1996)
Arsénico, As	$2{,}00 \cdot 10^{-6}$		(AP-42, 2008; US EPA, 1998a)
Cadmio, Cd	$3{,}55 \cdot 10^{-6}$		(US EPA, 1993, 2004)
Cromo, Cr	$1{,}44 \cdot 10^{-5}$		(AP-42, 2008; US EPA, 1984a, 2004)
Cobre, Cu	$3{,}93 \cdot 10^{-5}$		(AEM, 2007)
Mercurio, Hg	$6{,}75 \cdot 10^{-7}$		(AP-42, 2008; US EPA, 2004)
Níquel, Ni	$7{,}64 \cdot 10^{-6}$		(AP-42, 2008 US EPA, 1984b, 2004)
Plomo, Pb	$4{,}77 \cdot 10^{-6}$		(AP-42, 2008; US EPA, 1998b, 2004)
Zinc, Zn	$1{,}8 \cdot 10^{-6}$		(US EPA, 2004)
NH_3	$1{,}12 \cdot 10^{-1}$	kg/t_{diesel}	(AEM, 2007; US EPA, 2004)
Naftaleno	$6{,}77 \cdot 10^{-6}$	kg/GJ	(AP-42, 2008; US EPA, 2004)
Componentes olorosos de la industria de procesado de pescado y mariscos			
Trimetilamina	0,150	kg/Mg	(Summer, 1963)
Sulfuro de hidrógeno	0,005		

6.7.2.2 Procesado

Los balances de materia en la etapa de "procesado" se determinaron con la información recopilada en la Tabla 6.1 y la Tabla 6.2. Además de esta información, se han hecho algunas suposiciones para ayudar a modelizar las conchas y los caudales de salmuera. En la transición T2 (congelación), el 5% del flujo de mejillones cocidos se separa en la transición T9, para ser procesado como mejillón de media concha. El resto se lleva a la transición T3 para ser procesado como mejillón cocido sin concha.

Las conchas representan el 80% del peso del mejillón limpio. Para los balances de mejillones y conchas, se considera que el 60% de las conchas se eliminan en la transición T3 (salmuera de la balsa 1), el

39% en T5 (salmuera de la balsa 2) y el 1% en T7 (extracción manual de conchas). En el caso del mejillón de media concha, en la transición T9 solo se elimina el 50% de la cantidad total de concha.

La tasa de salmuera con respecto al mejillón cocido es de 0,5 kg de salmuera / kg de mejillón cocido. Cada transición con una entrada de salmuera (T3 y T5) consume el 50% de la salmuera. La cocción (T1) genera el mayor nivel de olor debido al aumento de la temperatura. Se espera que las emisiones de trimetilamina y sulfuro de hidrógeno sean las mismas que las de la cocción de pescado fresco (Summer, 1963). Por lo tanto, se calcula utilizando los factores de emisión que se muestran en la Tabla 6.4. Según los datos recopilados en la Tabla 6.1, el vapor de agua necesario es el 18,75% de la cantidad de mejillones. El lavado (T8) requiere agua dulce. Se considera que la tasa entre esta entrada y los mejillones (cocidos y de media concha) es de 1,75 kg de agua dulce/kg de mejillón.

6.7.2.3 Operaciones finales

Las cinco transiciones involucradas en esta subred han sido programadas por balances de materia. Para el cálculo del olor, se asumió que los factores de emisión para los mejillones eran el 15% de aquellos para la cocción pescado fresco (Tabla 6.4). La transición T1 (eliminación de biso) supone que el biso eliminado es el 0,7% de los mejillones que entran en esta etapa.

La transición T3 (clasificación) clasifica los mejillones para producir los diferentes productos finales. Como la capacidad de la etapa de congelación es limitada (Tabla 6.3), se considera que el 70% de los mejillones se envían a la transición T4 para su congelación. El mejillón de media concha va directamente a T4, ya que está destinado a producto congelado. Los mejillones cocidos se distribuyen de modo que el 70% del flujo total de mejillones se congela y el resto se procesa como producto cocido. En la transición T5 (envasado), el 0,1% de los envases se convierten en residuo.

6.7.2.4 Operaciones auxiliares

La "generación de vapor" solo incluye una transición, definida por los balances de materia. Se considera como entradas agua dulce y diésel,

y genera salidas como vapor de agua, aguas residuales y una gran variedad de contaminantes resultantes de la combustión del combustible (Figura 6.6). Estos contaminantes se calculan utilizando factores de emisión específicos para calderas y/o motores de combustión interna en la industria de procesado de pescado (Tabla 6.4). Algunos factores de emisión se definen sobre la base de 1 t de gasóleo, pero otros se definen sobre la base de 1 GJ de energía. En este caso, los balances de materia deben considerar el poder calorífico superior (PCS) del diésel, PCS = 38,7GJ/m^3, y su densidad, ρ = 832 kg.m^{-3} (Edwards et al., 2008)

El combustible diesel necesario para producir el vapor de agua requerido se calcula a partir de un balance de calor (Ecuación 6.1), considerando que la pérdida total de calor (∑Qs) es el 30% de la energía total proporcionada por el diesel:

$$E = m_{vapor} \cdot C_p \cdot \Delta t + m_{vapor} \cdot L + \sum Q_s \qquad \textit{(Ecuación 6.1)}$$

Donde m_{vapor} es la masa de vapor generado (kg), C_p es la capacidad calorífica específica del agua (4,184 $J \cdot kg^{-1} \cdot ºC^{-1}$), Δt es el rango de temperatura (80ºC en este caso), y L es la entalpía de vaporización del agua ($2257 \cdot 10^3$ $J \cdot kg^{-1}$ (Carroll, 2009)). E es el contenido energético del diésel (J) (Ecuación 6.2):

$$E = m_{diesel} \cdot PCS \cdot \rho^{-1} \qquad \textit{(Ecuación 6.2)}$$

La "purificación de agua de mar" solo incluye una transición definida por los balances de masa, T4 (cloración). Las transiciones anteriores representan procesos de separación física donde los residuos sólidos se eliminan del agua de mar. T2 considera que el 0,5% del flujo de agua de mar se elimina como residuo sólido, mientras que en T3 la cantidad de residuos sólidos eliminados es del 0,2%. En la transición, el antiséptico T4, que es una solución de hipoclorito de sodio al 15%, se usa para obtener una concentración final en el agua de mar de $0{,}7.10^{-4}$%. Esta transición también clasifica el agua de mar desinfectada en agua de mar pretratada y agua de mar tratada. La tasa entre estos flujos se definió en las subredes "operaciones previas" y "procesado", respectivamente.

La "preparación de salmuera" es una subred integrada por una transición definida por coeficiente.

6.7.3 Ejecución del modelo y resultados de AFME

Debido a la naturaleza discontinua del proceso, el límite de tiempo considerado para el AFME fue de un día. Otra limitación de este sistema es la capacidad del cocedero (200 kg de mejillón por ciclo), por lo que el AFME considera que entran en la etapa de "procesamiento" en un día hábil 32000 kg de mejillones crudos limpios. La Tabla 6.5 muestra los resultados del balance global de materiales y energía para todo el proceso.

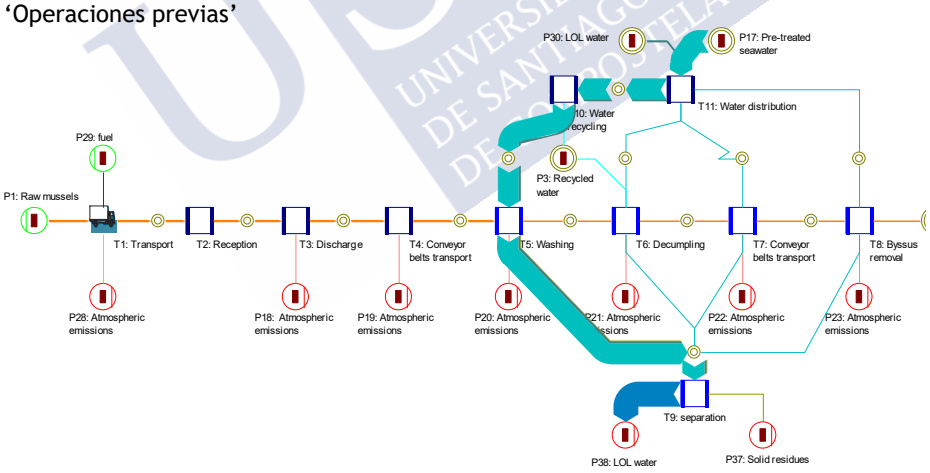
Tabla 6.5. Balance de materia global para el proceso de cocción de mejillones (cantidades es kg)

Item					Cantidad
Entradas	Materias primas			Mejillones	53330
	Agua de entrada			Agua dulce	31549,99
				Agua de mar	535176,01
	Materiales auxiliares			Antisépticos	2,48
				Envases / embalajes	10,48
				Sal	2026,35
	Energía			Petróleo (crudo)	434,62
				Diesel	482,49
Salidas	Emisiones al aire	Compuestos inorgánicos	Amoníaco		$6{,}14 \cdot 10^{-2}$
			Dióxido de carbono		2805,87
			Monóxido de carbono		3,44
			Monóxido de dinitrógeno		0,13
			Cloruro de hidrógeno		$3{,}68 \cdot 10^{-4}$
			NO_x		13,66
			SO_x		2,26
		PM			$5{,}96 \cdot 10^{-2}$
		Partículas PM_{10}			0,75
		Vapor de agua			1200,00
		COV	Metano		$2{,}77 \cdot 10^{-2}$
			COV-NM	Halogenados	Aromáticos	PCDD, PCDF	$2{,}21 \cdot 10^{-11}$
				Aldehidos		Óxido de metileno	$7{,}95 \cdot 10^{-2}$
				Aromáticos	HC	Benceno	$1{,}91 \cdot 10^{-2}$
						Naftaleno	$1{,}52 \cdot 10^{-4}$
				HAP		Benzo(a)pireno	$2{,}84 \cdot 10^{-6}$
						HAP	$5{,}99 \cdot 10^{-6}$
				No especificadas			1,20
		Metales			Arsénico		$5{,}40 \cdot 10^{-5}$
					Cadmio		$1{,}03 \cdot 10^{-4}$
					Cromo		$3{,}34 \cdot 10^{-4}$

Item			Cantidad
		Cobre	$8{,}82 \cdot 10^{-4}$
		Mercurio	$1{,}51 \cdot 10^{-5}$
		Níquel	$1{,}10 \cdot 10^{-3}$
		Plomo	$1{,}07 \cdot 10^{-4}$
		Zinc	$4{,}04 \cdot 10^{-5}$
	Olor	Sulfuro de hidrógeno	0,23
		Trimetilamina	6,85
Salida de agua	Agua BCO (toneladas)		543,75
	Agua ACO		4800
	Salmuera residual		15197,64
	Aguas residuales		60,61
Residuo sólidos	Biso		49,27
	Conchas (toneladas)		24,96
	Otros residuos sólidos (toneladas)		25,07
Productos		Mejillón Cocido	2099,36
		Mejillón congelado	3944,36
		Mejillón de media concha	955,68

Los flujos de materia y energía de la red se pueden mostrar utilizando diagramas de *Sankey*, que son diagramas de flujo donde las cantidades de flujo se representan proporcionalmente por el ancho de las flechas (IFU, 2005). La Figura 6.9 muestra los diagramas de Sankey más relevantes obtenidos para el proceso.

'Operaciones previas'



‘Procesado’

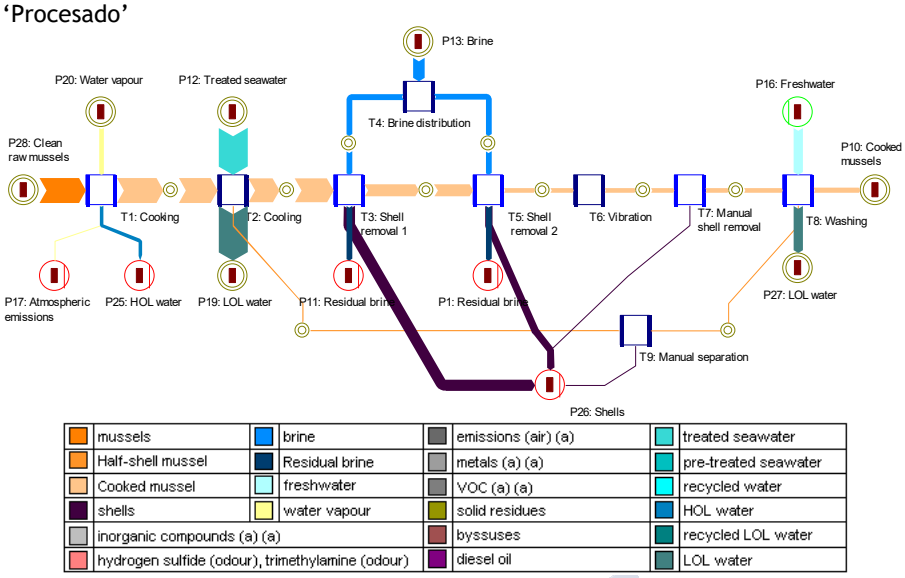


Figura 6.9. Diagramas Sankey para las etapas de ‘operaciones previas’ y ‘procesado’

6.7.3.1 Operaciones previas

El modelo predice que la cantidad total de mejillones crudos frescos necesarios para obtener 32 t de mejillones limpios crudos que ingresan a la etapa de "procesado" es de 53335 t/día. Los tratamientos involucrados en esta etapa generan 21333,81 kg de residuos sólidos al día, que contienen 84% de materiales inorgánicos y 16% de materia orgánica. Para separar los residuos sólidos se usó una cantidad significativa de agua (Figura 6.9), que involucra 494323,37 kg de agua de mar pretratada (de "purificación de agua de mar") y 49432,34 kg de agua de BCO (de "procesado"). Los requerimientos diarios de agua son más de 543,75 t de agua, que fluye de esta etapa como agua BCO. La transición T5 (lavado) es la etapa que requiere más agua y la que genera más residuos sólidos.

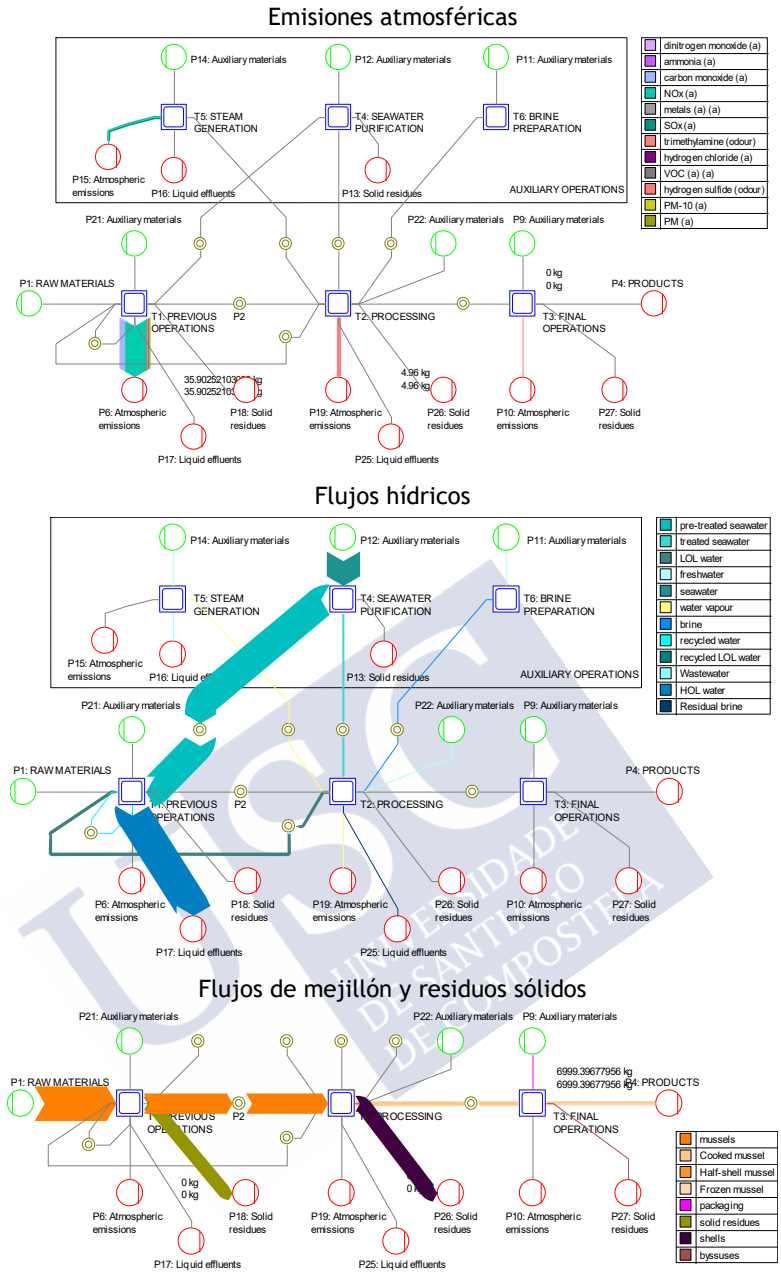


Figura 6.10. Diagramas Sankey de diferentes tipos de materiales para el proceso global

Como se muestra en Figura 6.10 las "operaciones previas" tienen el mayor flujo de "emisiones atmosféricas". Las emisiones de trimetilamina y sulfuro de hidrógeno en esta etapa representan el 28,37% de las emisiones totales de olor del proceso. Pero la fuente más importante de contaminantes atmosféricos es la transición T1 (transporte). El módulo "transporte por camiones" importado de la biblioteca de Umberto permitió el cálculo de las emisiones atmosféricas derivadas del transporte de mejillones a la planta. Para un mejor análisis, también se han calculado las emisiones anuales, considerando 150 días hábiles por año (Tabla 6.6). Las emisiones anuales pueden ser útiles para evaluar qué contaminantes se generan a un nivel perturbador.

Tabla 6.6. Emisiones atmosféricas derivadas de procesos de combustión

Contaminante		Transporte Emisión diaria (kg/día)	Transporte Emisión anual[1] (kg/año)	Generación de vapor Emisión diaria (kg/día)	Generación de vapor Emisión anual[1] (kg/año)
Compuestos inorgánicos	NH_3	$1{,}47\cdot10^{-2}$	2,21	$5{,}40\cdot10^{-2}$	8,11
	CO_2	2335,12	350,267,89	1638,31	245746,80
	CO	6,24	936,67	0,32	47,80
	N_2O	0,24	36,58	$8{,}03\cdot10^{-3}$	1,20
	HCl	$7{,}35\cdot10^{-4}$	0,11	-	-
	NO_x	23,28	3492,69	2,02	302,97
	SO_x	0,66	99,28	1,93	289,49
PM		0,12	17,87	-	-
Partículas PM_{10}		1,36	204,21	$6{,}90\cdot10^{-2}$	10,35
COV	Metano	$4{,}71\cdot10^{-2}$	7,07	$4{,}17\cdot10^{-3}$	0,63
	PCDD, PCDF	$4{,}41\cdot10^{-11}$	$6{,}62\cdot10^{-9}$	-	-
	Óxido de metileno	0,16	23,85	-	-
	Benceno	$3{,}73\cdot10^{-2}$	5,59	$4{,}24\cdot10^{-4}$	$6{,}36\cdot10^{-2}$
	Naftaleno	-	-	$1{,}52\cdot10^{-4}$	$2{,}28\cdot10^{-2}$
	Benzo(a)pireno	$5{,}68\cdot10^{-6}$	$8{,}51\cdot10^{-4}$	-	-
	HAP	-	-	$5{,}99\cdot10^{-6}$	$8{,}99\cdot10^{-4}$
	COVNM	1,72	257,94	0,34	50,49
Metales	As	$1{,}83\cdot10^{-5}$	$2{,}75\cdot10^{-3}$	$4{,}49\cdot10^{-5}$	$6{,}73\cdot10^{-3}$
	Cd	$4{,}59\cdot10^{-5}$	$6{,}88\cdot10^{-3}$	$7{,}97\cdot10^{-5}$	$1{,}20\cdot10^{-2}$
	Cr	$2{,}28\cdot10^{-5}$	$3{,}42\cdot10^{-3}$	$3{,}23\cdot10^{-4}$	$4{,}85\cdot10^{-2}$
	Cu	-	-	$8{,}82\cdot10^{-4}$	0,13
	Hg	-	-	$2{,}27\cdot10^{-5}$	$2{,}27\cdot10^{-3}$

Contaminante	Transporte Emisión diaria (kg/día)	Emisión anual[1] (kg/año)	Generación de vapor Emisión diaria (kg/día)	Emisión anual[1] (kg/año)
Ni	$1{,}86 \cdot 10^{-3}$	0,28	$1{,}71 \cdot 10^{-4}$	$2{,}57 \cdot 10^{-2}$
Pb	-	-	$1{,}07 \cdot 10^{-4}$	$1{,}61 \cdot 10^{-2}$
Zn	-	-	$4{,}04 \cdot 10^{-5}$	$60{,}06 \cdot 10^{-3}$

[1] Considerando 150 días de trabajo por año

El CO_2 es el contaminante atmosférico más abundante, ya que se liberan más de 2 toneladas por día. Excluyendo el CO_2, los óxidos de nitrógeno (NO_x) son los contaminantes más relevantes, ya que representan el 68,90% de las emisiones atmosféricas totales en T1 (transporte). El resto de los contaminantes se liberan en cantidades no notables. Después de NO_x, el contaminante más abundante es el CO (18,48%), seguido de lejos por el COVNM y las partículas, que representan aproximadamente el 5% del flujo total de cada uno.

Este módulo también calcula el petróleo (crudo) necesario para alimentar los camiones. Los requerimientos de petróleo (crudo) son de 869236 kg por día.

6.7.3.2 Procesado

La entrada para la subred de "procesado" se fijó en 32 t de mejillones crudos limpios (incluidas las conchas), debido a la capacidad limitada del cocedero. El flujo inicial se reduce mucho, ya que se eliminan casi 25 t de conchas. Parte de los mejillones (960 kg) se somete a un tratamiento diferente para que puedan procesarse como mejillones de media concha.

"Cocción" (T1) es la etapa más olorosa. La generación de trimetilamina es de 4,80 kg/día y el sulfuro de hidrógeno de 0,16 kg/día, lo que representa más del 70% de los olores totales generados por el proceso (Figura 6.10)

Aunque no es comparable con la subred de "operaciones previas", el "procesado" también es una etapa de consumo de agua intensivo (Figura 6.10). El flujo de entrada principal es agua de mar tratada a T2 (enfriamiento), lo que representa casi el 70% del agua consumida en esta transición. En menor medida (22,22%) se consume agua dulce durante el "lavado" (T8). Ambos flujos de agua se reutilizan en la

etapa de "operaciones previas" como agua BCO, lo que representa casi el 10% del agua consumida en esa etapa.

El agua también se consume como vapor de agua en la transición T1. El 20% se libera como vapor de agua, mientras que el 80% restante se condensa como agua ACO (4800 kg/día). Esta agua contiene la carga orgánica más alta del proceso, principalmente debido a la apertura de la concha (Murado et al., 1994). En el caso específico de la planta caso de estudio, se encontró que el agua ACO contenía 5,08% en peso de sólidos totales, a su vez contenía 50,32% en peso de materia orgánica y 49,68% en peso de compuestos inorgánicos (datos obtenidos de análisis de laboratorio).

Además, se consumen diariamente 15,197 t de salmuera en las transiciones T3 y T5. Todo el flujo se libera como salmuera residual.

6.7.3.3 Operaciones finales

El flujo de mejillones de la etapa de 'procesado' que ingresa a las 'operaciones finales' (7038 t/día) se divide en tres productos finales envasados (Figura 6.10): 16,65% de mejillón de media concha, 30,00% de mejillón cocido y 56,35% de mejillón cocido congelado.

Los residuos sólidos en esta etapa provienen principalmente de la transición T1 (eliminación del biso), que genera 49,27 kg/día de biso. Se generan cantidades insignificantes de residuos de mejillón en la transición T3 (clasificación), mientras que se producen pequeñas cantidades de residuos de envases (0,01 kg / día) en la transición T5 después del empaque.

También se libera olor, aunque solo representa el 1,52% de las emisiones totales de olor de todo el proceso.

6.7.3.4 Operaciones auxiliares

De acuerdo con los resultados obtenidos para la subred “generación de vapor”, 482,48 kg/día de diesel se necesitan para producir 6000 kg/día de vapor de agua. Como consecuencia, se liberan 1643,05 kg/día de emisiones a la atmósfera. Este flujo está formado principalmente por NO_x (43,14%) y SO_x (41,22%) sin tener en cuenta el CO_2.

En la etapa de “purificación de agua de mar”, se ha calculado que entran al proceso 531,435 t/día de agua de mar, el 6,98% como agua

de mar tratada y el 93,02% como agua de mar pretratada. Esta etapa produce 3740 kg/día de residuos sólidos.

Finalmente, la etapa de "preparación de salmuera" consume 13,171 t/día de agua dulce y 2,026 t/día de sal para producir más de 15 t/día de salmuera de 13,33 % en peso.

6.8 SELECCIÓN DE FM

Los Flujos Mejorables (FM) puede definirse como aquellos flujos de un proceso que, debido a una o más de sus propiedades específicas, es probable que mejoren (Cristóbal Andrade, 2013)

Los resultados del AFME han indicado que los flujos de agua y residuos sólidos son los más propensos a ser mejorados, así como algunos flujos de contaminantes atmosféricos. Con respecto a etapas específicas, las "operaciones previas" son las que generan una mayor cantidad de flujos residuales, por lo que la mayoría de los FM seleccionados pertenecen a esta etapa.

La Tabla 6.7 muestra el FM identificado para el proceso de cocción del mejillón después de evaluar los resultados del AFME. Los FM han sido seleccionados considerando dos factores: flujo y valor potencial. Con respecto al flujo, se identificaron 6 FM. Son los identificados para "operaciones previas" y para "generación de vapor". Dos de ellos son entradas, es decir, flujo de diésel para la generación de vapor y agua de mar pretratada, cuyo valor excesivo (casi 500 t/día) lo convierten en el mayor flujo de entrada del proceso. En consecuencia, el agua de BCO resultante de esta etapa también es el mayor flujo de salida del proceso. Los residuos sólidos de esta etapa (que contienen mejillones pequeños e inadecuados, conchas rotas, algas, arena, barro y varios crustáceos pequeños, entre otros) también se consideran un FM. Los otros dos FM seleccionados son las emisiones atmosféricas liberadas por las transiciones de "transporte" y "generación de vapor", siendo el NO_x el contaminante más preocupante.

Tabla 6.7. Flujos mejorables identificados para el proceso

Etapa	Flujos mejorables (FM)	
	Entradas	Salidas
Operaciones previas	Agua de mar pretratada	Agua BCO Residuos sólidos

Etapa	Flujos mejorables (FM)	
	Entradas	Salidas
		Emisiones atmosféricas (NO_x)
Procesado	-	Agua de ACO Conchas
Generación de vapor	Diesel	Emisiones atmosféricas (NO_x)

Por otro lado, se han seleccionado 2 FM debido a su valor potencial. Son agua ACO y conchas, ambas de la etapa de "procesado". El agua ACO contiene moléculas potencialmente valiosas como saborizantes, compuestos aromáticos y proteínas (Cros et al., 2004) (aproximadamente 3,3 g/L (Soto et al., 1991)). La recuperación de dichos compuestos químicos valiosos mejoraría la utilización de los recursos marinos y podría ayudar a reducir los costes de producción (Huidobro et al., 1998). Las conchas también son subproductos valiosos, ya que contienen 95-99% en peso de carbonato de calcio (Marin y Luquet, 2004).

6.9 ANÁLISIS DE MTD

6.9.1 Recompilación e inventario de técnicas candidatas a ser MTD

Barros *et al.* propusieron, en 2007, un procedimiento para implementar los requisitos de la Directiva PCIC a un sector específico de la industria gallega. Consistió en varias etapas consecutivas que incluyen la descripción detallada del proceso típico genérico realizado por el sector, la identificación de los consumos y emisiones asociados, y finalmente el desarrollo de un inventario de técnicas candidatas a ser MTD para el sector, siguiendo un método específico. adaptado de EIPPCB (*European IPPC Bureau*) (Comisión Europea).

Esta metodología también se ha aplicado a la industria pesquera gallega (Barros et al., 2009a). Como resultado, se obtuvo un inventario de 33 técnicas candidatas a ser MTD para la industria. Las técnicas se clasificaron, según su tipo o etapa donde deberían aplicarse, como herramientas integradas de gestión ambiental, proceso de fabricación, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de residuos, operaciones auxiliares y tecnologías integradas.

6.9.2 Identificación de las MTD ya implementadas

La planta considerada ya ha implementado cinco MTD, que han influido directamente en los resultados del AFME. Las técnicas ya implementadas son:

- Sistemas de gestión y control de calidad. Como cualquier industria de procesado de alimentos, la planta considerada está sometida a controles de calidad para garantizar la salubridad de los productos alimenticios.

- Mejores prácticas ambientales. Afectan a todo el proceso, ya que implican la producción programada, buenas medidas de limpieza y programas de mantenimiento y limpieza. Su aplicación minimiza los impactos ambientales, como las emisiones de olores, la generación de lixiviados y la acumulación de residuos.

- Transporte a granel de materias primas y auxiliares. Solo se aplica a las materias primas, reduciendo a cero los residuos de envases derivados del transporte de materias primas envasadas.

- Disposición en línea. Todo el proceso está organizado como un tren continuo donde las materias primas fluyen a través de cintas transportadoras de una etapa a otra. Esta técnica reduce las emisiones de olores y el consumo de agua.

- Filtración y reciclaje de salmuera fría. Aunque no se ha simulado en el modelo *Umberto*, la salmuera se prepara y recicla semanalmente, de modo que se minimiza el consumo de agua dulce y sal, así como la generación residual de salmuera.

- Tornillo de transporte de conchas y tolva. Los residuos sólidos y las conchas se cargan en una tolva mediante un tornillo, lo que reduce el consumo de agua, la generación de olores y lixiviados.

6.10 SELECCIÓN DE MTD SEGÚN LOS FM

Se proponen técnicas candidatas para los FM identificados (Tabla 6.7)

6.10.1 Operaciones previas

- El FM "agua de mar pretratada" se puede reducir optimizando los parámetros de lavado. El uso de boquillas de presión para el suministro de agua podría mejorar la eficiencia del lavado, reduciendo la cantidad de agua necesaria. Además, controlar parámetros como el

flujo de mejillones, su suciedad o la presión del agua también podría minimizar la entrada de agua de mar pretratada. Esta medida implica una inversión realmente baja (300-900 €), que se amortiza fácilmente.
- La reducción del FM 'agua de BCO' también podría lograrse mediante la implementación de la técnica que optimiza los parámetros de lavado. Sin embargo, la gestión del "agua BCO" podría mejorarse mediante la aplicación de varias técnicas, como la segregación de efluentes líquidos, el tratamiento individual de efluentes de diversas características o los tratamientos FAD (Flotación por aire disuelto). Como en la actualidad todas las aguas residuales se mezclan y se tratan juntas, cualquiera de estas técnicas mejoraría mucho el rendimiento de la planta. Ninguna de estas técnicas implica costes económicos excesivos. Específicamente, los tratamientos de FAD son altamente rentables y, si se comparan con otras opciones como la sedimentación, tienen costes de capital más bajos, aunque costes operativos más altos.
- Aunque el FM "residuos sólidos" no puede reducirse, su gestión puede mejorarse mediante la segregación de residuos. Al implementar esta técnica, se podrían recuperar y reutilizar valiosos subproductos, en la propia planta o en un proceso diferente, reduciendo el consumo de recursos y la generación de desechos. Una opción interesante es la valorización de la cáscara de mejillón, que debido a su alto contenido en carbonato de calcio es un producto valioso tanto para la producción de carbonato de calcio como para la recuperación del suelo.
- El FM "emisiones atmosféricas" (principalmente NO_x) solo podrían mejorarse utilizando combustibles poco contaminantes, ya que las distancias de transporte no pueden reducirse. La implementación de esta medida tiene un impacto económico bastante importante. El uso de biogás como combustible implica costes de inversión superiores a 1,8 millones de euros, mientras que el gas natural implica hasta 3,1 millones de euros. Es una inversión tan importante que debe ser discutida a nivel gestión de la empresa a la que pertenece la planta.

6.10.2 Procesado

- La gestión del FM "agua de ACO" podría mejorarse mediante la implementación de la mayoría de las técnicas propuestas para el

mismo FM en la etapa de "operaciones previas". Sin embargo, la composición del "agua de ACO" a partir del "procesado" generado en la cocción es muy diferente de la generada en las "operaciones previas". Esta corriente, también conocida como "jugo de cocción", es un subproducto valioso cuya gestión podría mejorarse mediante la aplicación de técnicas como la recuperación de jugos de cocción condensados, la explotación de glucógeno en las aguas residuales de mejillón o la recuperación de aromas de los jugos de cocción de mejillón. Ya se han desarrollado varias técnicas para la concentración de jugos de cocción para la industria alimentaria humana y animal, algunas basadas en la ultrafiltración (DeWitt y Morrissey, 2002a, 2002b; Huidobro et al., 1998; Jaouen y Quéméneur, 1992; Joh y Hood, 1979), otros sobre ósmosis inversa (Lin y Chiang, 1993) y otros sobre técnicas combinadas (Cros et al., 2004; Jayarajah y Lee, 1999).
- El FM "conchas", que en realidad se gestionan como un residuo, podría mejorarse mediante las técnicas candidatas de segregación y valorización de los subproductos de la concha para obtener carbonato de calcio ($CaCO_3$). Esta técnica implica el procesado de concha para obtener $CaCO_3$ de alta calidad para varias aplicaciones (Barros et al., 2009a).

6.10.3 Generación de vapor

- El FM "diesel" está directamente relacionado con el vapor de agua utilizado en la "cocción", por lo que las técnicas destinadas a reducir este flujo deberían centrarse en esa etapa. En consecuencia, la técnica candidata propuesta es usar cocederos continuos. La cocción continua reduce las emisiones de vapor y ahorra energía y tiempo. Esta técnica implicará costes económicos importantes ya que implicaría la instalación de nueva tecnología en la planta.
- El contaminante más abundante en el FM "emisiones atmosféricas" es NO_x. Con el objetivo de reducir su flujo, se proponen técnicas como el uso de combustibles limpios, lavadores húmedos y quemadores de bajo NO_x. Los costes derivados de la implementación de cualquiera de estas técnicas dependen en gran medida del volumen de gas a tratar, aunque los lavadores húmedos están disponibles desde

5000 euros y los quemadores con bajo contenido de NO_x desde 20 €/kW (Comisión Europea, 2006).

6.11 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología propuesta al proceso de cocción del mejillón seleccionado ha llevado a la identificación de sus FM. En consecuencia, se han propuesto varias técnicas candidatas a ser MTD para mejorar dichos flujos.

El proceso se ha modelado con *Umberto* y se ha realizado un AFME. Se encontró que se consumen 10 kg de agua de mar por kg de mejillón fresco crudo (que entran en "operaciones previas"), así como 0,6 kg de agua dulce. Se generan 0,47 kg de residuos sólidos y 0,46 kg de conchas. El producto final es 13,65% de mejillón cocido y congelado de media concha, 30,00 % de mejillón cocido y 56,35% de mejillón cocido congelado.

Se han identificado ocho FM, 2 correspondientes a flujos de entrada y 6 a flujos de salida. 4 FM corresponden a la etapa de "operaciones previas". Es más probable que se mejore la etapa, ya que genera la mayor cantidad de flujos de residuos. 2 FM corresponden a la etapa de "procesado", mientras que los 2 FM restantes están asociados a la etapa de "generación de vapor". El FM de entrada representa los flujos de agua y combustible, mientras que el FM de salida se refiere a las corrientes residuales, a saber, aguas residuales, residuos sólidos y emisiones atmosféricas. El criterio para seleccionar estos FM se basó en su flujo y en su valor potencial para una potencial explotación.

La aplicación del análisis de MTD ha llevado a la identificación de 6 MTD ya implementadas. De acuerdo con el FM seleccionado, se han propuesto 13 técnicas candidatas para ser MTD.

Las MTD ya implementadas contribuyen al funcionamiento ambiental real de la planta, reduciendo o incluso evitando los flujos de residuos. De hecho, no se han identificado FM para 3 etapas. Específicamente, el procesado lineal reduce el consumo de agua, y la filtración y reciclaje de salmuera fría reduce en gran medida el consumo de agua dulce y sal, así como el flujo residual de salmuera, que solo se genera una vez por semana.

La mayoría de las técnicas propuestas se centran en la gestión del "agua BCO", ya que es el flujo de residuos más grande del proceso. Este flujo está altamente contaminado con microfauna, mejillones rotos, viandas y conchas, arena, lodo y suciedad. En consecuencia, las técnicas propuestas se refieren a prácticas destinadas a mejorar la gestión de este flujo como flujo de residuos.

La etapa de "procesado" también produce un flujo relevante de aguas residuales, "agua ACO", que es realmente un jugo de cocción que puede considerarse un subproducto del proceso. Contiene compuestos valiosos, por lo que las técnicas sugeridas implican procedimientos para recuperar cada uno de los compuestos potencialmente valiosos. El "agua de mar pretratada", que afecta a las "operaciones previas", es el mayor flujo de entrada del proceso y, aunque sus posibilidades de mejora son limitadas, sería posible reducirlo controlando cuidadosamente el proceso de lavado.

Los otros FM críticos son los desechos sólidos, a saber, "residuos sólidos" y "conchas". Las "conchas" podrían ser un subproducto si se gestionan adecuadamente, debido a su alto contenido de $CaCO_3$. Por lo tanto, la técnica propuesta implica la recuperación de $CaCO_3$.

6.12 CONCLUSIONES

Este capítulo presenta la aplicación de una metodología basada en enfoque del ciclo de vida a una planta seleccionada que realiza un proceso de cocción de mejillones. El método combina herramientas conocidas para identificar los llamados FM mediante el AFME y proponer técnicas candidatas para ser MTD con el objetivo de mejorar los FM seleccionados.

La aplicación de la metodología al caso de estudio ha identificado 8 FM y ha proporcionado 13 técnicas candidatas para mejorarlas. Se encontró que los elementos más críticos del proceso eran el consumo de agua y la gestión de las aguas residuales y los flujos solidos procedentes de corrientes líquidas. En consecuencia, las técnicas propuestas se centran en estos flujos específicos. Debido a la relevancia de la industria de procesado de mejillón en la región considerada, es importante tener iniciativas destinadas a minimizar su impacto ambiental y optimizar su rendimiento. La aplicación de dicha

metodología proporciona de manera efectiva ambas, proponiendo soluciones para una industria típicamente tradicional.

La siguiente etapa de este trabajo es la implementación de las técnicas propuestas. Es una tarea a largo plazo, ya que implica inversión económica y modificaciones tecnológicas. En cualquier caso, al proceso de implementación se le hará un seguimiento para evaluar los impactos de cada una de las técnicas propuestas en el proceso. Después de la implementación de todas las técnicas, el AFME se aplicará nuevamente para comparar el proceso original con el mejorado. Por otro lado, otros estudios también deberían centrarse en otro tipo de instalaciones de procesado de mejillón, como centros de depuración / distribución o plantas de envasado.

La aplicación de la metodología a esta planta ha sido bastante exitosa, por lo que parece posible extenderla a toda la industria gallega de procesado de mejillón. Este trabajo puede sentar un precedente para el sector, ya que la metodología podría identificar efectivamente la FM de otros procesos y, en consecuencia, proponer técnicas candidatas para mejorarlos. El sector podría beneficiarse enormemente de tales iniciativas, que contribuirán a su modernización y a su mejora con respecto al comportamiento ambiental. Sin embargo, cada caso específico debe analizarse individualmente y la metodología debe adaptarse. Aunque los resultados obtenidos para esta planta no se pueden extrapolar simplemente a otras plantas del sector, la metodología se puede aplicar de manera efectiva, de modo que todo el sector pueda tener una idea amplia de las posibilidades de mejora.

La aplicación de metodologías de este tipo en el proceso de selección e implementación de las MTD, así como de actualización de las mismas (recordemos MTD es un concepto dinámico), resulta pues de gran interés para optimizar el proceso incluyendo la optimización de su funcionamiento ambiental. Con la aplicación de metodologías de este tipo permitiría evitar problemáticas como las que se detectaron en los casos de estudio de los capítulos 3, 4 y 5, en los que la evaluación del funcionamiento ambiental no siempre estaba en relación con los esfuerzos realizados a la hora de implantar las MTD.

De cara a aplicar técnicas para la economía circular y para la economía regenerativa (MTD también adaptadas y actualizadas) es importante tener en cuenta este tipo de prácticas.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

7 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo fue contribuir a que las actividades industriales del sector de transformación de productos alimenticios más representativas de la comunidad autónoma de Galicia (procesado de pescado y mariscos, lácteas y mataderos), afectadas desde hace más de 20 años por la política de PCIC, evolucionen a través de técnicas de economía circular (Mejores Técnicas Disponibles) a una economía regenerativa a largo plazo. En ella se evaluó la eficacia de la implantación de la política PCIC durante dos décadas, se detectaron debilidades y se proponen mejoras en el proceso de implantación de las "Mejores Técnicas Disponibles" como técnicas para la economía circular. De este modo, el sector se irá adaptando para contribuir a los objetivos planteados en el VII y VIII Programa Marco de Medio Ambiente de la Unión Europea y avanzará hacia la visión que a largo plazo estos plantean: que los ciudadanos vivan en una economía regenerativa, en la que no se desperdicie nada, no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero, y el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos y la degradación medioambiental, sentando las bases de, entre otros aspectos, la valoración del capital natural.

En la tesis se ha llevado a cabo también una contribución y actualización de los inventarios de técnicas candidatas a ser MTD para las actividades más relevantes del sector alimentario en Galicia. Por otra parte, se han propuesto y validado metodologías y herramientas para una implantación más eficaz de las MTD y, por tanto, de la política de PCIC como precursora de la economía circular y de la economía regenerativa en la industria.

La tesis se desarrolló en 5 capítulos, a parte de la introducción y objetivos en la que se contextualiza y se justifica el trabajo, así como se introducen conceptos relativos a las herramientas que se utilizan a lo largo de la tesis para realizar la evaluación. Se destaca el papel de la gobernanza en este ámbito en la región, que es muy activa especialmente en una primera fase, apoyando a las industrias y dotándolas de herramientas para adaptarse a un marco

tan ambicioso, implicando a representantes de todos los ámbitos de la sociedad.

En el segundo capítulo se recorren los antecedentes de la política de PCIC en los distintos ámbitos (internacional, europeo, nacional y autonómico) incluyendo la legislación y un análisis de las fuentes responsables, así como el estado del arte actual en el ámbito de dicha política. Se destaca en este capítulo como la política de PCIC surge en los años 90 del siglo pasado en el seno del V Programa Marco de medio ambiente de la Unión Europea. La situación es de pleno desarrollo político en materia de medio ambiente, y de las herramientas más eficaces para el desarrollo de las políticas, la legislación. Esta política supone un avance significativo respecto a las anteriores que se limitaban al control de la contaminación (fin de línea) considerando por separado los entornos receptores de la contaminación en el medio ambiente. La política de PCIC, da un gran paso en los dos sentidos: considera, además del control, la necesidad de considerar la prevención de modo que se evite la generación de la contaminación, y, en el caso de que no sea posible, se sigue considerando el control. Pero este control, así como la prevención, deben ser llevados de forma integrada considerando el medio ambiente en su conjunto (aire, agua y suelo) de modo que se eviten transferencias de un medio a otro. Política revolucionaria y novedosa, lo que implica un gran reto para las instalaciones potencialmente contaminantes a las que va dirigida. Revolucionarios son los conceptos de "Mejores Técnicas Disponibles", que incluyen no sólo la tecnología sino la "Buenas Prácticas", y que abarcan todas las etapas (desde el diseño hasta el cierre y recuperación de la zona de la instalación) y todos los procesos desde la extracción de materias primas hasta la expedición de productos y más allá. Revolucionario es también el "intercambio de información" para la actualización continua de las MTD, y el gran papel deL *EIPPCB* creado para tal fin, con la publicación de los *BREF*. Como novedad relevante aparece la figura de AAI que es una autorización integrada que incorpora "Valores Límite de Emisión", pero que deben estar basados en las MTD.

Una década después de la publicación de la Directiva PCIC original (1996), en Galicia el proceso está en marcha ya de forma

continúa siendo una región pionera en su aplicación, gracias a una administración muy dinámica y a la colaboración entre los diferentes entes implicados: la administración, las industrias, los expertos de centros de investigación, las asociaciones, y el público en general. La transparencia informativa que promueve la *IPPC* y que posteriormente viene respaldado de forma muy oportuna por la firma del Convenio de Aahrus de libre acceso a la información ambiental por parte de la UE mediante la directiva correspondiente publicada en 2003.

En 2010 la industria está preparada para asumir un nuevo reto, una vez adaptada a la política de PCIC, la UE publica la DEI que deroga la directiva *IPPC* original y la fusiona con muchas otras normas legales que en la ambiciosa década de los 90 del siglo pasado promulgó y que ya estaban en marcha. Los *BREF* de la primera fase están ya publicados, las instalaciones adaptadas, las administraciones también. Empieza entonces la segunda etapa, una etapa en la que las MTD es un concepto maduro (se definió por primera vez en 1996). Pero MTD es un concepto dinámico. Las MTD deben actualizarse continuamente y la actualización debe incluir las últimas mejoras y desarrollos técnicos. Es en esta etapa cuando los inventarios de MTD (tanto sectoriales como horizontales) se actualizan con la primera revisión de los *BREF* que está a punto de finalizar, y con la aparición de los *BATC*. Aquellos aparecen como no vinculantes, pues en una primera etapa resultaría muy complicado, pero ya en esta etapa de madurez se publican estos últimos como Decisiones, normas jurídicas vinculantes.

El concepto de economía circular comienza a llamar a nuestras puertas coincidiendo con la segunda fase de la aplicación en Europa de la política de PCIC, con la renovación. Este concepto, que impulsa la eficiencia óptima de los recursos propone un sistema donde la reutilización y el reciclaje proporcionan sustitutos al uso de materias primas vírgenes. Al reducir nuestra dependencia de dichos recursos, mejora nuestra capacidad y la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. La economía circular hace que la sostenibilidad sea más alcanzable. Sin duda, el concepto/enfoque de “prevención y control de la contaminación” es precursor de

"economía circular" y necesario para su implantación en los próximos años, y con ella, facilitar el camino hacia una economía regenerativa.

Para una transición óptima, equilibrada y eficaz a una economía circular, es imperativo integrar políticas y técnicas que mejoren la gestión ambiental en cualquier nivel de producción de la cadena de valor a través de la investigación, la ecoinnovación y la inversión. Dentro de este reto, las instalaciones afectadas DEI juegan un papel fundamental, siendo fundamental para consolidar e involucrar a los sectores tecnológicos emergentes y modernizar los tradicionales, promoviendo la eficiencia y prevención de los recursos y el control integrado de la contaminación mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles

En los 3 siguientes capítulos se realiza una evaluación por subsectores de la industria alimentaria de la eficacia de dicha política proponiendo/utilizando herramientas y metodologías de evaluación, así como utilizando una combinación de estas o modificándolos, proponiendo mejoras en las metodologías existentes; en cada capítulo se analiza la eficacia de la política PCIC evaluando el comportamiento ambiental de grupos de plantas de un mismo subsector y comparándolas entre ellas. Las metodologías utilizadas son metodologías que combinan herramientas de evaluación, que se proponen como métodos eficaces para realizar dicha evaluación. En cada uno de estos tres capítulos (3, 4 y 5) se realiza la evaluación de un sector de la industria de la alimentación concreto y diferente, todos ellos sectores representativos en la comunidad autónoma de Galicia, ámbito en el que se desarrolla la tesis.

El capítulo 3 trata del sector procesado de pescados y marisco, en el que se seleccionan unas plantas representativas de la CA de Galicia y se evalúa la eficacia de la política PCIC mediante el análisis de MTD comparativo entre plantas (incluyendo inventarios MTD) y la evaluación de los impactos de las plantas utilizando las técnicas utilizadas para elaborar inventarios de emisiones.

En términos generales, se puede concluir que el grado de implementación de técnicas en las plantas de conservas de pescado y mariscos consideradas es aceptable pero puede

optimizarse. Se observa una deficiencia en la implementación de técnicas relacionadas con la gestión del proceso. Estas técnicas afectan mucho al consumo de materiales y energía, que no está optimizado en ningún proceso. Por otro lado, las técnicas relativas a las operaciones previas, que son una fuente potencial importante de olores, aguas residuales y residuos, también indican que están implementadas de forma inapropiada. Las plantas casi han obviado técnicas tan importantes como las que se pueden aplicar en las etapas de recepción, descongelación, descabezado, corte y evisceración, que tienen un gran impacto sobre el funcionamiento ambiental de las plantas.

Debido a la implementación encontrada de las MTD, el trabajo adicional debe centrarse en identificar las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD. Se debe identificar el foco principal de contaminantes para cada uno de ellos, de modo que se pueda recomendar e implementar una MTD adecuada. Por otro lado, también debe analizarse si las técnicas ya implementadas son las adecuadas o si funcionan correctamente. Una evaluación previa a la implementación de las técnicas, de los flujos potencialmente mejorables en la planta daría lugar a una implementación óptima, y una implementación y mantenimiento adecuado de las mismas mejoraría el funcionamiento ambiental. En consecuencia, se podrían proponer medidas correctivas y se podría mejorar el desempeño ambiental de las plantas. Estos análisis podrían aplicarse al resto del sector, optimizando el desempeño ambiental global de un sector tan relevante para la economía gallega.

El capítulo 4 trata del sector procesado de leche, en el que se seleccionan unas plantas representativas de la CA de Galicia y se evalúa la eficacia de la política PCIC el análisis de MTD comparativo entre plantas (incluyendo inventarios MTD) y la evaluación de los impactos de las plantas utilizando las técnicas utilizadas para elaborar inventarios de emisiones.

De este capítulo se puede concluir que el grado de implementación de las técnicas en las plantas lecheras consideradas es mejorable. Se detecta, al igual que pasaba en el capítulo anterior, la falta de implementación de técnicas de gestión de procesos. Estas técnicas afectan mucho los materiales y

el consumo de energía, que no está optimizado en ningún proceso. Las técnicas relativas a las operaciones previas, que son una fuente importante de olores, aguas residuales y residuos, también están mal implementadas. Todos ellos ignoran la desodorización, la homogeneización y la eliminación del aluminio para el embalaje. La falta de implementación de más MTD podría deberse a razones económicas porque la mayoría de ellas son instalaciones relativamente pequeñas. La inversión en nueva tecnología podría no ser posible para las compañías en el momento en que se otorgaron los permisos, debido a la etapa económica (la crisis económica comenzó en España en 2008, momento en que se emitieron los permisos ambientales). También es posible que las plantas hayan tenido una desinformación sobre los beneficios de la aplicación de nuevas tecnologías. La autoridad competente juega un papel clave en este caso pudiendo hacer una mejor promoción de las técnicas emergentes para evitar que la información no llegue o sea errónea para las compañías, proponer actuaciones para ayudarles a implementar nuevas MTD, detectando aquellos sectores más necesitados mediante evaluaciones de este tipo. Debido a la implementación encontrada de MTD, el trabajo adicional debe centrarse en identificar las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD. Los principales flujos de contaminantes potenciales deben identificarse para cada uno de ellos (flujos mejorables), de modo que se pueda recomendar e implementar una MTD adecuada. También debe analizarse si las técnicas ya implementadas son las adecuadas o si están funcionando correctamente. Se podrían proponer medidas correctivas y se podría optimizar el funcionamiento ambiental de las plantas.

Estos análisis podrían aplicarse a todo el sector, optimizando el funcionamiento ambiental global de un sector tan relevante para la economía gallega. El estudio de calidad de la OCU no es concluyente para establecer una relación sólida entre los aspectos de calidad y el nivel de implementación de MTD. Se necesitará un estudio más profundo para establecer la relación entre la implementación de MTD y la calidad de los productos finales. Es posible garantizar que la implementación de la política de PCIC no dañe la calidad del producto final.

El capítulo 5 trata del sector mataderos, en el que se seleccionan unas plantas representativas de la CA de Galicia y se evalúa la eficacia de la política PCIC mediante el análisis sectorial de MTD comparativo entre plantas (incluyendo inventarios de MTD) y la evaluación de los impactos de las plantas utilizando las técnicas habituales utilizadas para elaborar inventarios de emisiones y, en este caso como aspecto novedoso de la metodología, se añade un análisis de impactos del ciclo de vida de cada planta seleccionada para complementar el análisis del rendimiento ambiental con el fin de identificar y clasificar, en términos de categoría de impacto, los efectos ambientales de la producción de canales. Esto se ha desarrollado utilizando los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo mediante un software libre (para garantizar la posibilidad de desarrollo de la metodología al potencial usuario). De esta manera, la información adicional proporciona un mayor conocimiento de los impactos causados fuera del propio matadero.

Se puede concluir de este capítulo que las MTD aplicadas en mataderos son suficientes aunque pueden implementarse más. Se ha detectado una falta de implementación de técnicas con respecto a operaciones previas, al igual que en los capítulos anteriores; son técnicas afectan mucho al consumo de agua y al efluente líquido, que no está optimizado en todos los procesos. Por otro lado, las técnicas relativas a la transformación porcina y bovina, que son una importante fuente de olores, aguas residuales y residuos, también están mal aplicadas. Las plantas han prácticamente obviado técnicas tan importantes como las relativas a la gestión de aguas residuales y residuos en todas las operaciones, que tienen un gran impacto sobre el rendimiento ambiental de las plantas. Deberían elaborarse más medidas en relación con las emisiones atmosféricas y destacar la aplicación del MPA para todas las plantas.

Producto de este capítulo se propone trabajar más en la identificación de las principales limitaciones de estas plantas con respecto a las MTD. Es necesario analizar si las técnicas ya implementadas son las adecuadas o si funcionan correctamente mediante metodologías ya disponibles. Podrían proponerse medidas correctivas y mejorar el rendimiento medioambiental de

las plantas. Es una tarea a largo plazo, ya que implica inversión económica y modificaciones tecnológicas. Por otra parte, debe identificarse el principal foco contaminante para cada una de ellas, de modo que se puedan recomendar e implementar las MTD adecuadas, identificando por ejemplo los flujos mejorables.

Se ha demostrado que la metodología aplicada es adecuada para evaluar la eficacia del marco jurídico de la PCIC y conocer el comportamiento medioambiental de cualquier matadero afectado por la DEI. Además de dar soluciones prácticas para mejorar su comportamiento ambiental, y para ayudar en el diseño de una configuración de proceso más sostenible. Por lo tanto, parece posible extenderlo a toda la industria, optimizando el desempeño ambiental global de un sector tan relevante para la economía gallega. Una conclusión relevante de este trabajo es también que es necesario desarrollar estudios previos (como el presente) para implementar las técnicas apropiadas para prevenir o/y reducir los impactos de cualquier actividad industrial específica.

Una vez presentadas y aplicadas las metodologías a las plantas de cada sector de la industria de alimentación, y obteniendo resultados que indican que sería necesaria una evaluación previa a la implantación de las MTD, de las necesidades de cada planta con el objetivo de una mejora de su funcionamiento ambiental, en el sexto capítulo se propone y aplica una metodología orientada a esa evaluación previa en una planta individual del sector. Se plantea la realización en profundidad un análisis de flujos de materiales de una planta concreta de cocción de mejillón, identificando los flujos mejorables, y mediante la elaboración de un inventario de MTD se configura un escenario más sostenible para la planta.

La aplicación de la metodología a esta planta ha sido bastante exitosa, por lo que parece posible extenderla a toda la industria gallega de procesado de mejillón. Este trabajo puede sentar un precedente para el sector, ya que la metodología podría identificar efectivamente la FM de otros procesos y, en consecuencia, proponer técnicas candidatas para mejorarlos. El sector podría beneficiarse enormemente de tales iniciativas, que contribuirán a su modernización y a su mejora con respecto al comportamiento ambiental. Sin embargo, cada caso específico debe analizarse

individualmente y la metodología debe adaptarse. Aunque los resultados obtenidos para esta planta no se pueden extrapolar simplemente a otras plantas del sector, la metodología se puede aplicar de manera efectiva, de modo que todo el sector pueda tener una idea amplia de las posibilidades de mejora.

La aplicación de metodologías de este tipo en el proceso de selección e implementación de las MTD, así como de actualización de estas (recordemos MTD es un concepto dinámico), resulta pues de gran interés para optimizar el proceso incluyendo la optimización de su funcionamiento ambiental. Con la aplicación de metodologías de este tipo permitiría evitar problemáticas como las que se detectaron en los casos de estudio de los capítulos 3, 4 y 5, en los que la evaluación del funcionamiento ambiental no siempre estaba en relación con los esfuerzos realizados a la hora de implantar las MTD.

De cara a aplicar técnicas para la economía circular y para la economía regenerativa (MTD también adaptadas y actualizadas) es importante tener en cuenta este tipo de prácticas.

El seguimiento de la evolución del sector de transformación de productos alimenticios en la comunidad autónoma de Galicia desde la aparición a finales del siglo pasado de la política de prevención y control integrados de la contaminación y durante más de 20 años, se ha realizado mediante la evaluación de la eficacia de la implantación de dicha política analizando el funcionamiento ambiental de plantas seleccionadas por sectores mediante la propuesta y aplicación metodologías innovadoras, teniendo en cuenta siempre las MTD y su carácter dinámico. Una vez analizada la eficacia de la política se propone un ejemplo de aplicación futuro de dichas técnicas en un contexto de economía circular como etapa obligatoria para una futura **economía regenerativa**.

En definitiva, las actividades industriales del sector de transformación de productos alimenticios más representativas de la comunidad autónoma de Galicia (procesado de pescado y mariscos, industria de transformación de la leche y mataderos), afectadas desde principios de siglo por la política de PCIC, deben evolucionar a través de técnicas de economía circular (Mejores Técnicas Disponibles) a una economía regenerativa a largo plazo.

La evaluación de la eficacia de la implantación de la política PCIC durante dos décadas, detectar debilidades y proponer mejoras en el proceso de implantación de las "Mejores Técnicas Disponibles" como técnicas para la economía circular. Con las lecciones aprendidas de aplicación de esta política precursora que aparece en el V Programa Marco, el sector alimenticio se podrá ir adaptando para contribuir a los objetivos planteados en el VII y VIII Programa Marco de Medio Ambiente de la Unión Europea y avanzarán hacia la visión que a largo plazo plantean: que los ciudadanos vivan en una **economía regenerativa**, en la que no se desperdicie nada, no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero, y el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos y la degradación medioambiental, sentando las bases de, entre otros aspectos, la valoración del **capital natural**.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

REFERENCIAS

Abín, R., Laca, A., Laca, A., Díaz, M., 2018. Environmental assessment of intensive egg production: A Spanish case study. Journal of Cleaner Production 179, 160-168.

AEM, 2001. EMEP/CORINAIR, Emission Inventory Guidebook – 3rd Edition. Copenhagen.

AEM, 2007. EMEP/CORINAIR Emission Inventory guidebook – 2007. Technical report nº 16/2007.

AEM, 2015. European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013 update July 2015. 3.B Manure management, Table 3.1. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. EEA, Denmark

AEM, 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. 5.D Wastewater handling, Table 3.1. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. EEA, Denmark.

AEM, 2017a. Air quality in Europa - 2017 report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. EEA, Denmark.

AEM, 2017b. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Last update July 2017. 1.A.4 Small combustion, Table 3.25. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. EEA, Denmark

AGADE, 2010. Asociación Gallega de Empresarios Depuradores de Moluscos. Los moluscos. http://www.depuradoresdemoluscos.es/ (acceso octubre 2011).

AINIA, 2000. (Alimentary Technological Institute. -Instituto Tecnológico Alimentario-). Best Availables Techniques in Dairy Industry.

Alonso-Pérez, F., Ysebaert, T., Castro, C.G., 2010. Effects of suspended mussel culture on benthic–pelagic coupling in a coastal upwelling system (Ría de Vigo, NW Iberian Peninsula). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 382, 96–107.

Alves, O., Brito, P., Lopes, P., Reis, P., 2014. Optimization of Energy Consumption in Cold Chambers in the Dairy Industry. Energy Procedia 50, 494-503.

ANFACO, 2008. Asociación Nacional de Fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos. Revista Industria Conservera, 73, 30-33.

ANICE, 2020. Asociación Nacional de Industrias de la Carne de España. https://www.anice.es/v_portal/busqueda/index.asp (acceso diciembre 2020).

AP-42 (2008). Liquefied Petroleum Gas Combustion. Chapter 1: External combustion sources. Compilation of air pollutant emission factors. Volume I, stationary point and area sources. Fifth Edition. U.S. Environmental Protection Agency.

Barros, M.C., Bello, P.M., Bao, M., Torrado, J.J., 2009a. From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate. Journal of Cleaner Production 17, 400-407.

Barros, M.C., Bello, P.M., Roca, E., Casares, J.J., 2007. Integrated pollution prevention and control for heavy ceramic industry in Galicia (NW Spain). Journal of Hazardous Material 141, 680-692.

Barros, M.C., Magán, A., Valiño, S., Bello, P.M., Casares, J.J., Blanco, J.M., 2009b. Identification of best available techniques in the seafood industry: a case study. Journal of Cleaner Production 17, 391–399.

Bello Bugallo, P. M., Stupak, A., Cristóbal Andrade, L., Torres López, R., 2012. Material Flow Analysis in a cooked mussel processing industry. Journal of Food Engineering 113, 100-117.

Bello Bugallo, P.M., Cristóbal Andrade, L., Magán Iglesias, A., Torres López, R., 2013. Integrated environmental permit through Best Available Techniques: evaluation of the fish and seafood canning industry. Journal of Cleaner Production 47, 253-264.

Bello Bugallo, P. M., Cristóbal Andrade, L., Agrelo de la Torre, M., Torres López, R., 2014. Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW of Spain). Science of the Total Environment 481, 656-661.

Bello Bugallo, P.M., 2017. «Life Cycle Thinking approach and tools», Notas de clase. Curso 2017-18. 1er año del Máster Internacional Biomass and Waste for Energy and Materials, IMT Mines Albi-Carmaux. Francia.

Bello Bugallo, P. M., García Rellán, A., Barros Frieiro, C., Cristóbal Andrade, L. 2018. Mussel Shells'Thermal Valorisation and

Odour Emissions. In: Mussels: characteristics, biology and conservation. Editors: Brooke Mansom and Ellie Grover. Editorial Nova Science Publishers. New York, 2018.

Berlin, J., Sonesson, U., 2008. Minimizing environmental impact by sequencing cultured dairy products: two case studies. Journal of Cleaner Production 16, 483-498.

Binder, C.R., 2007. From material flow analysis to material flow management. Part I: social sciences modelling approaches coupled to MFA. Journal of Cleaner Production, 15, 1596-1604.

Bréchet, T., Tulkens, H., 2009. Beyond BAT: Selecting optimal combinations of available techniques, with an example from the limestone industry. Journal of Environmental Management 90, 1790-1801.

Brunner, P.H., Rechberger, H., 2004. Practical handbook of Material Flow Analysis. Lewis Publishers, USA.

Bustillo-Lecompte, C.F., Mehrvar, M., 2015. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. Journal of Environmental Management 161, 287-302.

Bustillo-Lecompte, C.F., Mehrvar, M., Quiñones-Bolaños, E., 2014. Cost-effectiveness analysis of TOC removal from slaughterhouse wastewater using combined anaerobic-aerobic and UV/H2O2 processes. Journal of Environmental Management 134, 145-152.

Caballero Míguez, G., Garza Gil, M.D., Varela Lafuente, M.M., 2008. Institutions and management of fishing resources: The governance of the Galician model. Ocean & Coastal Management 51, 625–631.

Caballero Míguez, G., Garza Gil, M.D., Varela Lafuente, M.M., 2009. The institutional foundations of economic performance of mussel production: the Spanish case of the Galician floating raft culture. Marine Policy 33, 288-296.

Carroll, J. J., 2009. Natural gas hydrates: a guide for engineers. Gulf Professional Publishing Oxford, United Kingdom.

CE, 2002. Decisión nº 1600/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002, por la que se establece el Sexto

Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente. Diario Oficial L 242 de 10.9.2002.

CE, 2005. Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries (BREF document). Comisión Europea. (Disponible en: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/slaughterhouses-and-animals-products-industries)

CE, 2006. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries Comisión Europea. (Disponible en: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/food-drink-and-milk-industries-0)

CE, 2006a. Regulation 166/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC. Official Journal of the European Communities L33, 1-16.

CE, 2008a. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan.

CE, 2008b. Directive 2008/98/EC on waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union L 312, 3-30.

CE, 2008c. Joint Research Centre. http://eippcb.jrc.es/index.html (Acceso Noviembre 2011).

CE, 2009a. Regulation 1099/2009/EC of the Council of the European Union on the protection of animals at the time of killing. Official Journal of the European Union L303, 1-30.

CE, 2009b. Regulation 1069/2009/EC of the European Parliament and of the Council, laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation 1774/2002/EC (Animal by-products Regulation). Official Journal of the European Union L300, 1-33.

CE, 2010a. Europe 2020. A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth. COM (2010) 2020 final, Brussels.

CE, 2010b. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: Analysing of Existing Environmental Impact Assessment Methodologies for Use in Life Cycle Assessment. First edition. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability.

CE, 2011. Comunicación de la Comisión "Innovación para un futuro sostenible. Plan de Acción sobre Ecoinnovación (Eco-AP)" COM(2011) 899 final. Comisión Europea.

CE, 2011a. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context. First ed. Institute for Environment and Sustainability. First edition. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability.

CE, 2012. Revision of the standard texts used in BREFs to adapt them to the IED regime. EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE Institute for Prospective Technological Studies Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC Bureau.

CE, 2012a. Commission Implementing Decision 2012/119/EU, laying down rules concerning guidance on the collection of data and on the drawing up of BAT reference documents and on their quality assurance referred to in Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions. Official Journal of the European Communities L63, 1-39.

CE, 2014. Study on: "Contribution of industry to pollutant emissions to air and water". AMEC Environment & Infrastructure UK Limited in partnership with Bio Intelligence Service, Milieu, IEEP and REC. European Commission (DG Environment).

CE, 2016. Industrial Emissions. European Commission. Accessed 22 November 2017 from: http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/index.htm

CE, 2018. Joint Research Centre - The European IPPC Bureau. Accessed 28 January 2018 from: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/about/

CE, 2020. Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del consejo sobre el VIII Programa de Acción Medioambiental para 2030 "Invirtiendo las tendencias juntos" Comisión Europea (COM(2020)

652 final) 2020/0300 (COD) Brussels, 14.10.2020. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/pdf/8EAP/2020/10/8EAP-draft.pdf

CEE, 1992. Directive 92/46/EEC laying down the health rules for the production and placing on the market of raw milk, heat-treated milk and milk-based products. DOCE L, 268 (1992), pp. 1-32

Chakrabarti, S., Mitra, N., 2005. Economic and environmental impacts of pollution control regulation on small industries: a case study. Ecological Economics 54, 53–66.

Chan, N.Y., Hossain, M.M., Brooks, M.S., 2007. A preliminary study of protein recovery from mussel blanching water by a foaming process. Chemical Engineering and Processing, 46, 501-504.

Chittock, D.G., Hughey, K.F.D., 2011. A review of international practice in the design of voluntary Pollution Prevention Programs. Journal of Cleaner Production 19, 542-551.

Cikankowitz, A., Laforest, V., 2013. Using BAT performance as an evaluation method of techniques. Journal of Cleaner Production 42, 141- 158

Commito, J.A., Como, S., Grupe, B.M., Dow, W.E., 2008. Species diversity in the soft-bottom intertidal zone: Biogenic structure, sediment, and macrofauna across mussel bed spatial scales. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 366, 70–81.

Comunidad Europea, 1992. Quinto programa comunitario de actuación en materia de medio ambiente: hacia un desarrollo sostenible. Resolución del Consejo y de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros, reunidos en el seno del Consejo, del 1 de febrero de 1993, sobre un Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible.

Comunidad Europea, 2003. Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, por la que se establecen medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el medio ambiente y por la que se modifican, en lo que se refiere a la participación del público y el acceso a la justicia, las Directivas 85/337/CEE y 96/61/CE del Consejo - Declaración de la Comisión. Diario Oficial n° L 156 de 25/06/2003 p. 0017 – 0025.

Comunidad Europea, 1996. Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control. Official Journal of the European Communities L257, 26-40.

Costas-Rodríguez, M., Lavilla, J., Bendicho, C., 2010. Classification of cultivated mussels from Galicia (Northwest Spain) with European Protected Designation of Origin using trace element fingerprint and chemometric analysis. Analytica Chimica Acta, 664, 121-128.

COWI (Consulting Engineers and Planners AS), 2000. Cleaner Production Assessment in Fish Processing. United Nations Environment Programme (Division of Technology, Industry and Economics) and Danish Environmental Protection Agency.

Crenna, E., Sozzo, S., Sala, S., 2018. Natural biotic resources in LCA: Towards an impact assessment model for sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production 172, 3669-3684.

Cristóbal, L., 2013. Development and application of methodologies to get sustainable industrial systems. Programa de Doctorado en Ingeniería Química y Medioambiental. Departamento de Ingeniería Química, ETSE - Universidad de Santiago de Compostela.

Cros, S., Lignot, B., Bourseau, P., Jaouen, P., Prost, C., 2005. Desalination of mussel cooking juices by electrodialysis: effect on the aroma profile. Journal of Food Engineering, 69, 425-436.

Cros, S., Lignot, B., Razafintsalama, C., Jaouen, P., Bourseau, P., 2004. Electrodialysis desalination and reverse osmosis concentration of an industrial mussel cooking luice. Process impact on pollution reduction and on aroma quality. Journal of Food Science 69 (6), 435-442.

Crosby, P. B., 1999. Quality is Still Free. Mc Graw-Hill, New York.

Cunningham, D., 2000. IPPC, BAT, and voluntary agreements. Journal of Hazardous Materials 78, 105-121.

Cusson, M., Bourget, E., 2005. Small-scale variations in mussel (Mytilus spp.) dynamics and local production. Journal of Sea Research 53, 255-268.

De Sena, R.F., Tambosi, J.L., Genena, A.K., Moreira, R.d.F.P.M., Schröder, H.Fr., José, H.J., 2009. Treatment of meat industry

wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS. Chemical Engineering Journal 152, 151-157.

Derden, A., Vercaemst, P., Dijkmans, R., 2002. Best available techniques (BAT) for the fruit and vegetable processing industry. Resources, Conservation and Recycling 34, 261-271.

DeWitt, C. A. M., Morrissey, M. T., 2002a. Pilot plant recovery of catheptic proteases from surimi wash water. Bioresource Technology, 82, 295–301.

DeWitt, C. A. M., Morrissey, M. T., 2002b. Parameters for the recovery of proteases from surimi wash water. Bioresource Technology, 81, 241–247.

Dijkmans, R., 2000. Methodology for selection of best available techniques (BAT) at the sector level. Journal of Cleaner Production 8, 11-21.

Djekic, I., Miocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Tomic, T., 2014. Environmental life-cycle assessment of various dairy products. Journal of Cleaner Production 68, 64-72.

Doldán García, X.R., Chas Amil, M.L., Touza, J., 2011. Estimating the economic impacts of maritime port development: The case of A Coruña, Spain. Ocean & Coastal Management 54, 668-677.

Duarte, P., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., 2008. Modelling local food depletion effects in mussel rafts of Galician Rías. Aquaculture, 274, 300-312.

EA, 2003a. Environmental Agency. Guidance for the Poultry Processing. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). United Kingdom.

EA, 2003b. Guidance for the Red Meat Processing (Cattle, Sheep and Pigs) Sector. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). United Kingdom.

Early, R., 2000. Tecnología de los Productos Lácteos. Editorial Acribia S.A., Zaragoza.

ECM, 2011. Ecometrica Technical Paper: Electricity-specific emission factors for grid electricity, pp7. Greenhouse Gas, White Papers. Ecometrica, Edinburgh (UK).

Environment Agency, 2003. Guidance for the food and drink sector. Guidance Note IPPC S6.10. United Kingdom.

Environment Australia, 1999. Emission Estimation Technique Manual for Seafood Processing Industry. National Pollutant Inventory.

EPA, 2000a. Environmental Protection Agency. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors, volume 1. Chapter 3.2 Natural Gas-fired Reciprocating Engines, Table 3.2-2. Stationary Internal Combustion Sources. United State, EPA.

EPA, 2000b. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors, volume 1. Chapter 3.3 Gasoline and Diesel Industrial Engines, Table 3.3-1. Stationary Internal Combustion Sources. United State, EPA.

EPA, 2005. Impact categories, normalization and weighting in LCA. Danish Ministry of the Environment. Environmental news, 78.

EPA, 2008. BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Slaughtering Sector (1st Edition). Ireland.

EPA, 2019. Basic Information of Air Emissions Factors and Quantification. Accesed 2 August, 2019 from: https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification#About%20Emissions%20Factors.

Eurostat, 2008. NACE Rev. 2 – Statistical classification of economic activities in the European Community. European Commission.

Evans, J. R., Linsay, W. M., 2005. The Management and Control of Quality. Thomson/South Western College Publishing Company, Ohio.

Evrard, D., Laforest, V., Villot, J., Gaucher, R. Best Available Technique assessment methods: a literature review from sector to installation level. Journal of Cleaner Production 121(2016) 72-83.

Evrard, D., Laforest, V., Villot, J., Gaucher, R., 2016a. Best Available Technique as a sustainability tool in manufacturing: study in the dairy sector. Procedia CIRP 48, 520-525.

Evrard, D., Villot, J., Armiyaou, C., Gaucher, R., Bouhrizi, S., Laforest V., 2018. Best Available Techniques: An integrated method

for multicriteria assessment of reference installations. Journal of Cleaner Production 176, 1034-1044.

FAO, 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock.

FAO, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Meat & meat products - Slaughtering. Disponible en: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/slaughtering.html

FENIL, 2012. Federación Nacional de Industrias Lácteas http://www.fenil.org/ (Acceso Febrero 2017).

FENIL, 2016. Federación Nacional de Industrias Lácteas. http://www.fenil.org/ (Accessed February 2016).

FENIL, 2020. Federación Nacional de Industrias Lácteas http://www.fenil.org/ (Acceso Noviembre 2020).

Fernández, B., Campillo, J.A., Martínez-Gómez, C., Benedicto, J., 2012. Assessment of the mechanisms of detoxification of chemical compounds and antioxidant enzymes in the digestive gland of mussels, Mytilus galloprovincialis, from Mediterranean coastal sites. Chemosphere, 87, 1235–1245.

FIAB, 2016. Federación Española de Industrias de Alimentación y Bebidas. Reporte económico 2016.

Filgueira, R., Peteiro, L.G., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., 2007. Assessment of spat collector ropes in Galician mussel farming. Aquacultural Engineering, 37, 195-201.

Fischer-Kowalski, M., 1998. Society's metabolism. The intellectual history of materials flow analysis, Part I, 1860–1970. Journal of Industrial Ecology, 1(1), 61–78.

FoodDrink Europe, 2013. Annual Report 2013. http://www.fooddrinkeurope.eu/. (Acceso Febrero 2016).

FoodDrink Europe, 2017. Annual Report 2017.

Franco Leis, M., 2006. Cultivo del mejillón en Galicia: una actividad exitosa con futuro. Revista Galega de Economía, 15 (1), 251-256.

Fréchette, M., 2012. Self-thinning, biodeposit production, and organic matter input to the bottom in mussel suspension culture. Journal of Sea Research, 67, 10-20.

Galicia de Pesca, 2017. Disponible e: http://galiciadepesca.com/2017/06/18/galicia-de-pesca-mexillon-de-galicia-uno-de-los-embajadores-de-las-rias-gallegas/

Gangnery, A., Bacher, C., Buestel, D., 2004. Application of a population dynamics model to the Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis*, reared in Thau Lagoon (France). Aquaculture, 229, 289-313.

García Negro, M.C., Villasante, S., Carballo Penela, A., Rodríguez Rodríguez, G., 2009. Estimating the economic impact of the Prestige oil spill on the Death Coast (NW Spain) fisheries. Marine Policy 33, 8–23.

Gazi, N.H., 2012. Dynamics of populations in fish farm: Analysis of stability and direction of Hopf-bifurcating periodic oscillation. Applied Mathematical Modelling, 36, 2118–2127.

Geldermann, J., Rentz, O., 2004. The reference installation approach for the technoeconomic assessment of emission abatement options and the determination of BAT according to the IPPC-directive. Journal of Cleaner Production 12, 389-402.

Generowicz, A., Kulczycka, J., Kowalski, Z., Banach, M., 2011. Assessment of waste management technology using BATNEEC options, technology quality method and multi-criteria analysis. Journal of Environmental Management 92, 1314-1320.

Georgopoulou, E., Hontou, V., Gakis, N., Sarafidis, Y., Mirasgedis, S., Lalas, D.P., Loukatos, A., Gargoulas, N., Mentzis, A., Economidis, D., Triantafilopoulos, T., Korizi, K., 2008. BEAsT: a decision-support tool for assessing the environmental benefits and the economic attractiveness of best available techniques in industry. Journal of Cleaner Production 16, 359-373.

Giner-Santoja, G.; Vázquez Calvo, V.; Rodriguez Lepe, G., 2019. Application of AHP and corrective factors for the determination of best available techniques and emission limit values at installation level: A case study in four cement installations. Science of The Total Environment. Vol. 660, pp834-840.

Giner-Santonja, G., Aragonés-Beltrán, P., Niclós-Ferragut, J., 2012. The application of the analytic network process to the

assessment of best available techniques. Journal of Cleaner Production 25, 86-95.

Gobierno de España, 1967. Real Decreto 2484/1967 por el que se aprueba el texto del Código Alimentario español. BOE No. 248, 14180-14187.

Gobierno de España, 1983a. Orden del 20 de octubre, por la que se aprueba la norma general de calidad de la leche concentrada destinada al mercado interno. BOE No. 254, 28737-28738.

Gobierno de España, 1983b. Orden de 12 de julio, por la que se aprueban las normas generals de calidad para la nata y nata en polvo con destino al mercado interior. BOE No. 172, 20196-20201.

Gobierno de España, 1994. Real Decreto Ley 1679/1994, por la que se establecen las condiciones sanitarias aplicables a la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos. BOE, No. 229, pp- 29492-29511.

Gobierno de España, 1998. Real Decreto 618/1998, por la que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de helados y mezclas envasadas para congelar. BOE No. 101, pp. 14113-14124.

Gobierno de España, 2002. Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. BOE No. 157, 23910-23927.

Gobierno de España, 2003a. Real Decreto 1700/2003 por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados de petróleo, y el uso de biocarburantes. BOE No 307, 45961-45971.

Gobierno de España, 2003b. Real Decreto 1054/2003, por el que se aprueba la norma de calidad para determinados tipos de leche conservada parcial o totalmente deshidratada destinados a la alimentación humana. BOE No. 184, pp. 29982-29984.

Gobierno de España, 2006. Real Decreto 1113/2006, por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos. BOE No. 239, pp. 34717-34720.

Gobierno de España, 2007a. Real Decreto 508/2007, por el que se regula el suministro de Información para emisiones del Reglamento E-PRTR y de las AAI. BOE 96, 17686-17703.

Gobierno de España, 2007b. PRTR Español. Disponible en: http://www.prtr-es.es/ (acceso Noviembre 2011)

Gobierno de España, 2007c. Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009). «BOE» núm. 102, de 28 de abril de 2007, páginas 18572 a 18593.

Gobierno de España, 2007d. Real Decreto 1070/2007, por la que se aprueba la norma de calidad para la cuajada. BOE No. 207, pp. 35985-35986.

Gobierno de España, 2009. Real Decreto 200/2009, por el que se derogan determinadas disposiciones que inciden en las normas de calidad para la mantequilla destinada al mercado nacional. BOE No. 55, pp. 22760-22761.

Gobierno de España, 2011a. Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados BOE No. 181, 87650-85705.

Gobierno de España, 2011b. Real Decreto 100/2011, por el que se actualiza el catálogo de las actividades potencialmente contaminantes a la atmósfera y las provisiones básicas para us aplicación. BOE 25, 9540-9568.

Gobierno de España, 2012. Real Decreto 1528/2012, por el que se establecen las reglas aplicables a subproductos animales y productos derivados no destinados a consumo humano. BOE 277, 80199-80226.

Gobierno de España, 2013a. Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE No. 140, 44257-44288.

Gobierno de España, 2013b. Real Decreto 815/2013, por el que se aprueba el Reglamento de Emisiones Industriales y el Desarrollo de la Ley 16/2012, de prevención y control integrados de la contaminación. BOE 251, 85173-85276.

Gobierno de España, 2013c. Real Decreto 176/2013, por el que se derogan total o parcialmente determinadas reglamentaciones tecnico-sanitarias y normas de calidad referidas a productos alimenticios. BOE No. 76, pp. 24494-24505.

Gobierno de España, 2014. Real Decreto 271/2014, por el que se aprueba la norma de calidad del yogur. BOE No. 102, pp. 33154-33157.

Gobierno de España, 2016. Real Decreto Legislativo 1/2016 que aprueba el texto refundido de la ley de prevención y control integrados de la contaminación. BOE 316, 91806-91842.

Gobierno de España, 2017. Estrategia española de Seguridad. Ed. Presidencia del Gobierno.

Gobierno de España, 2017a. Real Decreto 773/2017 por el que se modifican varios reales decretos en términos de productos y emisiones industriales. BOE 209, 86086- 86107.

Gobierno de España, 2018. PRTR de España. http://www.prtr-es.es/ Disponible en: http://www.prtr-es.es/Informes/InventarioInstalacionesIPPC.aspx

Gómez Suárez, A., González Lamas, J., Lusa Bernal, E.L., Osorio Montenegro, J.L., 2005. Innovation and new technologies in the Galician SME: Textile and canning industries (in Spanish). Revista Galega de Economía, 15.

González-García, S., Castanheira, E.G., Dias, A. C., Arroja, L., 2013a. Using Life Cycle Assessment methodology to assess UHT milk production in Portugal. Journal of Cleaner Production 442, 225-234.

González-García, S., Hospido, A., Moreira, M. T., Feijoo, G., Arroja, L., 2013b. Environmental Life Cycle Assessment of a Galician cheese: San Simon da Costa. Journal of Cleaner Production 52, 253-762.

GOV.UK, 2015. Welfare of animals at the time of killing. Guidance on animal welfare for slaughterhouses, knacker´s yards, small-scale producers and private individuals. Department for Environment, Food & Rural Affairs. London, United Kingdom.

Groover, M. P., 2007. Fundamentals of modern manufacturing. Materials, Processes and Systems. John Wiley & Sons, Inc.

Guerra, N.P., Torrado Agrasar, A., López Macías, C., Pastrana, L., 2005. Modelling the fed-batch production of pediocin using mussel processing wastes. Process Biochemistry, 40, 1071-1083.

Hendriks, C., Obernosterer, R., Müller, D., Kytzia, S., Baccini, P., Brunner, P.H., 2000. Material Flow Analysis: a tool to support

environmental policy decision making. Case-studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands. Local Environment, 5(3), 311-328.

Hervé-Fernández, P., Houlbrèque, F., Boisson, F., Mulsow, S., Teyssié, J.L., Oberhaënsli, F., Azemard, S., Jeffree, R., 2010. Cadmium bioaccumulation and retention kinetics in the Chilean blue mussel Mytilus chilensis: Seawater and food exposure pathways. Aquatic Toxicology, 99, 448-456.

Hillary, R., Thorsen, N., 1999. Regulatory and self-regulatory measures as routes to promote cleaner production. Journal of Cleaner Production 7, 1-11.

Honkasalo Niina, Rodhe Håkan and Dalhammar Carl., 2005. Environmental permit as a driver for eco-efficiency in the dairy industry: A closer look to the IPPC Directive. Journal of Cleaner Production 10-11, 1049-1060.

Hospido, A., 2010. Nuevos retos: huella de carbono en la producción láctea. Department of Chemical Engineering, Universidade de Santiago de Compostela. Cattle Cooperatives Business Meeting, Cordoba.

Hospido, A., Vázquez, M.E., Cuevas, A., Feijoo, G., Moreira, M.T., 2006. Environmental assessment of canned tuna manufacture with a life-cycle perspective. Resources, Conservation and Recycling 47, 56–72.

Huidobro, A., Montero, P., Borderias, A. J., 1998. Emulsifying properties of an ultrafiltered protein from minced fish wash water. Food Chemistry, 61(3), 339–343.

Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., van Zelm, R., 2016. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. International Journal of Life Cycle Assessment, 1-16.

Huybrechts, D., Derden, A., Van den Abeele, L., Vender A, S., Smets, T., 2018. Best available techniques and the value chain perspective. Journal of Cleaner Production 174, 847-856.

IFU, 2005. Institute for Environmental Informatics Hamburg Ltd. Umberto 5 Manual.

IGE, 2010. Instituto Galego de Estadística. Disponible en: http://www.ige.eu. (Acceso Noviembre 2010).

IGE, 2011. Instituto Galego de Estadística Disponible en: http://www.ige.eu/ (Acceso Octubre 2011).

IGE, 2015. Instituto Gallego de Estadistica. http://www.ige.eu/web/index.jsp?idioma=gl

IGE, 2020. Instituto Galego de Estadítica. Disponible en: http://www.ige.eu. (Acceso Septiembre 2020).

IHOBE, 2001. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: Conserveras de pescado. País Vasco.

Illescas, J.L., Bacho, O., Ferrer, S., 2007. Evolución y tendencias en el mercado de moluscos. Distribución y consumo, 24-78.

INE, 2010. Instituto Nacional de Estadística. http://www.ine.es. (Acceso Octubre 2010).

INE, 2017. Instituto Nacional de Estadística http://www.ine.es/ (Acceso Febrero 2017).

INE, 2020. Instituto Nacional de Estadística. http://www.ine.es. (Acceso Noviembre 2020)

IPAC, 2006. Producción de mejillón Gallego cae en 2005. IPAC Acuicultura.

IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme.

IPCC, 2006a. Intergovernmental Panel on Climate Change. Stationary combustion. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 2, chapter 2, Table 3.1. World Meteorological Organization (WMO) and United Nations Environment Programme (UNEP). Geneva, Switzerland

IPCC, 2006b. Emissions from livestock and manure management. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 4, chapter 10, Tables 10.10-14-15. World Meteorological Organization

IPTS, 2016. Institute for Prospective Technological Studies. Integrated Pollution Prevention and Control. http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/index.html (accessed February of 2016).

Iribarren, D., Moreira, M.T., Feijoo, G., 2010a. Revisiting the Life Cycle Assessment of mussels from a sectorial perspective. Journal of Cleaner Production 18, 101-111.

Iribarren, D., Moreira, M.T., Feijoo, G., 2010b. Life Cycle Assessment of fresh and canned mussel processing and consumption in Galicia (NW Spain). Resources, Conservation and Recycling, 55, 106-117.

ISO, 2017. International Standarization Organization. http://www.iso.org/iso/home/. (Acceso Febrero 2017).

Jaouen, P., Quéméneur, F., 1992. Membrane filtration for waste-water protein recovery. In G. M. Hall (Ed.), Fish processing technology, (pp. 212–248). Blackie & Son Ltd Glasgow, United Kingdom.

Jayarajah, C. N., Lee, C.M., 1999. Ultrafiltration/reverse osmosis concentration of lobster extract. Journal of Food Science, 64(1), 93–98.

Jiménez-Pichardo, R., Regalado, C., Castaño-Tostado, E., Meas-Vong, Y., Santos-Cruz, J., García-Almendárez, B. E., 2016. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. Food Control 60, 320-328.

Joh, Y., Hood, L. F., 1979. Preparation and properties of dehydrated clam flavour from clam processing wash water. Journal of Food Science, 44, 1612–1626.

Junta de Andalucía, 2017.Guía de apoyo para la notificación de las emisiones de mataderos e industrias cárnicas – notificación de datos PRTR. Consejo de medio ambiente y uso del suelo.

Juran, J. M., & Gryna, F. M., 1993. Quality Planning and Analysis. Mc Graw-Hill, New York.

Kalmykova, Y., Sadagopan, M., Rosado, L., 2017. Circular economy - From review of theories and practices to development of implementation tools. Resources, Conservation and Recycling.

Karadag, D., Köroğlu, O. E., Ozkaya, B., Cakmakci, M., 2015. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. Process Biochemistry 50, 262-271.

Karavanas, A., Chaloulakou, A., Spyrellis, N., 2009. Evaluation of the implementation of best available techniques in IPPC context: an environmental performance indicators approach. Journal of Cleaner Production 17, 480-486.

Korsström, E., Lampi, M., 2001. Best available techniques (BAT) for the Nordic dairy industry.

Kovacic Lukman, R., Glavic, P., Carpenter, A., Virtic, P., 2016. Sustainable consumption and production e Research, experience, and development - The Europe we want. Journal of Cleaner Production 138, 139-147.

Krajnc, D., Mele, M., Glavic, P., 2007. Fuzzy Logic Model for the performance benchmarking of sugar plants by considering best available techniques. Resources, Conservation and Recycling 52, 314-330.

Kuczenski, B., Geyer, R., 2010. Material flow analysis of polyethylene terephthalate in the US, 1996–2007. Resources, Conservation and Recycling, 54, 1161-1169.

Labarta, U., Fernández Reiriz, M.J., Pérez Camacho, A., Pérez Corbacho, E., 2004. Balsas, mar, mejillones. Una perspectiva bio-económica. Fundación Caixa Galicia, A Coruña (España).

Laforest, V., 2014. Assessment of emerging and innovative techniques considering best available technique performances. Resources, Conservation and Recycling 92, 11-24.

Laso, J., Margallo, M., Fullana, P., Bala, A., Gazulla, C., Irabien, A., Aldaco, R., 2017. Introducing life cycle thinking to define best available techniques for products: Application to the anchovy canning industry. Journal of Cleaner Production 155, 139-150.

Lema Martínez, A., 2020. Visión Prospectiva de la Seguridad Natural en un Sistema Global Sostenible. Programa de Doctorado en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética. Universidad de Santiago de Compostela.

LIGAL, 2016. The Galicia Interprofessional Laboratory of Milk analysis. http://www.ligal.es/en-us/ (Accesed February 2016).

Lin, C. Y., Chiang, B. H., 1993. Desalting and recovery of flavor compounds from salted shrimp processing wastewater by membrane

processes. International Journal of Food Science & Technology, 28, 453–460.

López-Gamero, M., Claver-Cortés, E., Molina-Azorin, J., 2009. Evaluating environmental regulation in Spain using process control and preventive techniques. European Journal of Operational Research 195, 497-518.

López-Gamero, Molina-Azorin, J., M., Claver-Cortés, E., 2010. The potential of environmental regulation to change managerial perception, environmental management, competitiveness and financial performance. Journal of Cleaner Production 18, 963-974.

López Vázquez, R., Casp Vanaclocha, A., 2004. "Tecnología de mataderos". Mundi-Prensa Publisher. Madrid.

Lorenzo Blanco, S., 2015. Emisiones de gases de efecto invernadero generados en la gestión de granjas de vacuno: análisis de incertidumbre (Master in Environmental Engineering's Final Project). School of Engineering. University of Santiago de Compostela.

MAGRAMA, 2017. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. http://www.magrama.gob.es/ (Acceso Febrero 2017).

MAPA, 2020. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. www.mapa.gob.es (Acceso noviembre 2020).

Mar de España, 2010. Proyecto Español del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010. Disponible en: http://www.mardeespaña.es/ (acceso Octubre 2011).

Marin, F., Luquet, G., 2004. Molluscan shell proteins. Comptes Rendus Palevol, 3, 469–92.

MARM, 2006. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Guía borrador de las mejores técnicas disponibles para productos del mar. España.

MARM, 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Denominación de Origen Protegida del mejillón gallego. Disponible en: http://www.marm.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/calidad-diferenciada/dop/consulta.asp (acceso Octubre 2011).

McKindsey, C.W, Lecuona, M., Huot, M., Weise, A.M., 2009. Biodeposit production and benthic loading by farmed mussels and

associated tunicate epifauna in Prince Edward Island. Aquaculture, 295, 44-51.

Mejillón de Galicia, 2011. Disponible en: http://www.mexillondegalicia.org/ (acceso Octubre 2011).

Métodos LCIA, 2017. Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories. Greendelta, version 1.5.6.

Mittal, G.S., 2006. Treatment of wastewater from abattoirs before land application-a review. Bioresource Technology 97, 1119-1135.

Moliner Martínez, Y., Muñoz-Ortuño, M., Herráez-Hernández, R., Campíns-Falcó, P., 2014. Rapid analysis of effluents generated by the dairy industry for fat determination by preconcentration in nylon membranes and attenuated total reflectance infrared spectroscopy measurement. Talanta 119, 11-16.

Moreau, V., Sahakian, M., Van Griethuysen, P., Vuille, F., 2017. Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy. Journal of Industrial Ecology 21, 497-506.

Murado, M. A., González, M. P., Pastrana, L., 1994. Mussel processing wastes as a fermentation substrate. In A.M. Martin (Ed.), Fisheries Processing: Biotechnological Applications, (pp. 311–343). Chapman and Hall London, United Kingdom.

Nahmias, S., 2007. Production and Operations Analysis. The McGraw-Hill Companies, Inc., seventh ed., New York.

Nash, H., 2009. The European Commission's sustainable consumption and production and sustainable industrial policy action plan. Journal of Cleaner Production 17, 496–498.

Natural Capital Coalition, 2020. «What is natural capital?». Disponible en: https://naturalcapitalcoalition.org/natural-capital-2/. (Acceso Noviembre 2020)

NCM, 2016. Nordic Council of Ministers. Slaughterhouses and producers of Animal By-products in the Nordic Countries.

Nicholas, M.J., Clift, R., Azapagic, A., Walker, F.C., Porter, D.E., 2000. Determination of 'best available techniques' for integrated pollution prevention and control: a life cycle approach. Process Safety and Environmental Protection 78, 193-202.

Nielsen, M., Nielsen, O.K., Thomsen, M., 2010. Emissions from decentralised CHP plants 2007 - Energinet.dk Environmental project nº 07/1882. Project report 5 - Emission factors and emission inventory

for decentralised CHP production. National Environmental Research Institute, Aarhus University. NERI Technical report 786, pp113.

NPI, 1998. Industry Handbooks and Related Emission Estimation Techniques Manuals. Environment Australia.

NR Passant, 1993. Emissions of volatile organic compounds from stationary sources in UK. Warren Spring Laboratory Publications, Stevenage.

OCDE, 2001. Organisation for Economic Co-operation and Development, «Glossary of statistical Terms. Natural Capital», Sep 2001. Disponible en: https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1730. (Acceso Noviembre 2019)

OCU, 2017. Organización de Consumidores y Usuarios. Análisis leche entera. http://www.ocu.org/ (Acceso Febrero 2017).

ONU, 1972. Declaración de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Organización de las Naciones Unidas. Estocolmo.

ONU, 1987. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo ”Nuestro Futuro Común” (Informe Brundtland). Organización de las Naciones Unidas. Disponible en: http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427

ONU, 1992a. Agenda 21. Organización de las Naciones Unidas. Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm)

ONU, 1992b. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Organización de las Naciones Unidas. Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm

ONU, 1992c. Convención Marco sobre el Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas. Disponible en: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf

ONU, 2012. El futuro que queremos. Resolución aprobada por la Asamblea General el 27 de julio de 2012 [sin remisión previa a una Comisión Principal (A/66/L.56)] Organización de las Naciones Unidas. Disponible en:

http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&referer=/english/&Lang=S

OPMEGA, 2012. Organización de Productores de Mexillón de Galicia. Disponible en: http://www.opmega.com (accceso Abril 2012).

Orozco, C., Pérez, A., González, M.N., Rodríguez, F.J., Alfayate, J.M., 2003. Contaminación Medio Ambiental. Ed Thomson.

Ozturk, E., Karaboyacı, M., Yetis, U., Yigit, N. O., Kitis, M., 2015. Evaluation of Integrated Pollution Prevention Control in a textile fiber production and dyeing mill. Journal of Cleaner Production, 88, 116-124.

Paul, T., Jana, A., Das, A., Mandal, A., Halder, S. K., Das Mohapatra, P. K., Pati, B. R., Mondal, K. C., 2014. Smart cleaning-in-place process through crude keratinase: an eco-friendly cleaning techniques towards dairy industries. Journal of Cleaner Production 76, 140-153.

Paz-Ferreiro, J., Baez-Bernal, D., Castro-Insúa, J., García-Pomar, M.I., 2012. Effects of mussel shell addition on the chemical and biological properties of a Cambisol. Chemosphere, 86, 1117–1121.

Pellini, T., Morries, J., 2001. A framework for assessing the impact of the IPPC directive on the performance of the pig industry. Journal of Environmental Management 63, 325-333.

Pintado, J., González, M.P., Murado, M.A., 1997. Interactions between pretreatment and nutrient concentrations of mussel processing effluents for citric acid production. Enzyme and Microbial Technology, 20, 544-549.

PNUMA, 2000. Programa de las Naciones Unidas de Medio Ambiente. Cleaner Production Assessment in Dairy Processing. (United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics) Danish Environmental Protection Agency.

PNUMA, 2000a. Programa de las Naciones Unidas de Medio Ambiente. Cleaner Production Assessment in Meat Processing. Division of Technology, Industry and Economics, Danish Environmental Protection Agency. COWI Consulting. Engineers and Planners AS, Denmark.

Polom, E., 2010. The pressure membrane techniques as BAT in dairy industry. Desalination and Water Treatment 14, 61-66.

RAE, 2021. Real Academia Española. Disponible en: https://dle.rae.es/matadero?m=form

ReCiPe, 2016. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization. National Institute for Public Health and the Environment. The Netherlands.

Renou, S., Thomas, J. S, Aoustin, E., Pons, M.N., 2008. Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA. Journal of Cleaner Production 16, 1098-1105

Riera, F. A., Suárez, A., Muro, C., 2013. Nanofiltration of UHT flash cooler condensates from a dairy factory: Characterization and water reuse potential. Desalination 309, 52-63.

Roca Bordello, E., Casares Long, J.J., Vila Alonso, J. I., Prada Rodríguez, D., Muniategui Lorenzo, S., López Mahía, P., 2001. Prevención de la contaminación en la industria láctea. Colección técnica de medio ambiente. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia.

Rodríguez Fernández, R., Casares Long, J.J., Seoane Alcaraz, L., Dios Noceda, M., Díaz Alonso, A., Alonso Picón, J. F.: Sáez Díez, A., 2009. Guía de referencia para calcular las emisiones en la industria láctea bajo el ámbito del registro europeo de contaminantes. Xunta de Galicia.

Rožmarić, M., Rogić, M., Benedik, L., Štrok, M., Barišić, D., Ivšić, A.G., 2012. 210Po and 210Pb activity concentrations in Mytilus galloprovincialis from Croatian Adriatic coast with the related dose assessment to the coastal population. Chemosphere, 87, 1295–1300.

Saarinen, K., 2003. A method to improve the international comparability of emission data from industrial installations. Environmental Science and Policy 6, 355–366.

Saavedra, Y., Iritani, D.R, Pavan, A., Ometto, A.R., 2018. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. Journal of Cleaner Production 170, 1514-1522.

Samarakoon, S.M.K., Gudmestad, O.T., 2011. The IPPC directive and technique qualification at offshore oil and gas installations. Journal of Cleaner Production 19, 13-20.

Sauvé, S., Bernard, S., Sloan, P., 2016. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. Environmental Development 17, 48-56.

Schoenberger, H., 2009. Integrated pollution prevention and control in large industrial installations on the basis of best available techniques - The Sevilla Process. Journal of Cleaner Production 17, 1526-1529.

Schoenberger, H., 2011. Lignite coke moving bed adsorber for cement plants - BAT or beyond BAT?. Journal of Cleaner Production 19, 1057-1065.

Schollenberger, H., Treitz, M., Geldermann, J., 2008. Adapting the European approach of best available techniques: case studies from Chile and China. Journal of Cleaner Production 16, 1856-1864.

Schramm, W., 1998. Possibilities and limitations of a comparative assessment of process technologies from a cleaner production point of view. Journal of Cleaner Production 6, 227–235.

Sendra, C., Gabarrel, X., Vicent, T., 2007. Material flow analysis adapted to an industrial area. Journal of Cleaner Production, 15, 1706-1715.

Silvo, K., Melanen, M., Honkasalo, A., Ruonala, S., Lindström, M., 2002. Integrated pollution prevention and control—the Finnish approach. Resources, Conservation and Recycling 35, 45–60.

Soto, M., Méndez, R., Lema, J. M., 1991. Biodegradability and toxicity in the anaerobic treatment of fish canning wastewaters. Environmental Technology, 12, 669–677.

Soto, M., Méndez, R., Lema, J.M., 1990. Efluentes industriales en la industria de procesado de mariscos. Caracterización, manejo y tratamientos alternativos. Revista Ingen assessment of pollution prevention achieved by Integrated Pollution Prevention Control licensing. Environment International 35, 1177–1187.

Suárez, A., Fidalgo, T., Riera, F. A., 2014. Recovery of dairy industry wastewaters by reverse osmosis. Production of boiler water. Separation and Purification Technology 133, 204-211.

Suárez, A., Riera, F. A., 2015. Production of high-quality water by reverse osmosis of milk dairy condensates. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 21, 1340-1349.

Suárez, P., Ruiz, Y., Alonso, A., San Juan, F., 2012. Organochlorine compounds in mussels cultured in the Ría of Vigo: Accumulation and origin. Chemosphere, doi:10.1016/j.chemosphere.2012.02.030

Summer, W., 1963. Methods of air deodorization. Elsevier New York City, New York.

Taboada Gómez, M.C., Magán Iglesias, R., Torres López, Bello Bugallo, P.M., 2016. Towards sustainable systems configurations: application to an existing fish and seafood canning industry. Journal of Cleaner Production 129, 374-383.

Testa, F., Daddi, T., De Giacomo M.R., Iraldo, F., Frey, M., 2014. The effect of Integrated Pollution Prevention and Control regulation on facility performance. Journal of Cleaner Production 64, 91-97.

Testa, F., Styles, D., Iraldo, F., 2012. Case study evidence that direct regulation remains the main driver of industrial pollution avoidance and may benefit operational efficiency. Journal of Cleaner Production 21, 1-10.

Torres López, R. Doval Leira, E.R., Galera Martínez, M., Bello Bugallo, P.M., 2017. Integrated environmental permit through Best Available Techniques: Evaluation of the dairy industry. Journal of Cleaner Production 162, 512-528.

Torres Rodríguez, M. T., Cristóbal Andrade, L., Bello Bugallo, P. M., Casares Long, J. J., 2011. Combining LCT tools for the optimization of an industrial process: Material and energy flow analysis and best available techniques. Journal of Hazardous Materials 192, 1705-1719.

Tribunal de Cuentas, 2014. Nº 1095 Informe de fiscalización de los servicios Prestados en materia de mataderos Mercados en el sector público local, en Coordinación con los órganos de control Externo. Disponible en: http://www.congreso.es/l12p/e0/e_0001076_n_000_25182.pdf (Acceso enero 2018)

TRUCOST, 2013. Natural capital at risk: The top 100 externalities of bussiness. Disponible en: https://www.naturalcapitalcoalition.org/wp-content/uploads/2016/07/Trucost-Nat-Cap-at-Risk-Final-Report-web.pdf

UE, 2010. Directiva 2010/75/UE de emisiones industrials (Prevención y control integrados de la contaminación). DOUE, L 334, 17-119.

UE, 2011. Commission Regulation 142/2011/EU implementing Regulation 1069/2009/EC of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derivaded products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border under that Directive. Official Journal of the European Union L54, 1-254.

UE, 2013. Decisión no 1386/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2013, relativa al Séptimo Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020 «Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta» DOUE L 354/171, 28.12.2013

UE, 2013a. Regulation (EU) No 1308/2013 establishing a common organization of the markets in agricultural products and repealing Council Regulations (EEC) No 922/72, (EEC) No 234/79, (EC) No 1037/2001 and (EC) No 1234/2007. Official Journal of the European Communities L 347, 671-854.

UE, 2014. Commission Decision 2014/955 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union L370, 44-86.

UE, 2014. Commission Implementing Decision no. 2014/738/EU establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions, for the refining of mineral oil and gas. Official Journal of the European Union L 307, 38–82.

UE, 2019. Commission Implementing Decision (EU) 2019/2031 of 12 November 2019 establishing best available techniques (BAT) conclusions for the food, drink and milk industries, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council

UNECE, 1998. Convention on Access to Information, Public participation in Decision-making and Access to Justice in environmental matters done at Aarhus, Denmark.

UNECE, 2003. Protocol on Pollutant Release and Transfer Registers. Kiev.

UNEP, 2000. (United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics) Danish Environmental Protection Agency. Cleaner Production Assessment in Dairy Processing.

US EPA, 1974. Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standards for the catfish, crab, shrimp and tuna. Segment of the canned and preserved seafood processing Point Source Category. Office of Water and Hazardous Materials. Effluent Guidelines Division. Washington.

US EPA, 1980. AP42. In: Stationary Point and Area Sources, fifth ed., vol. I. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1980-2004. AP42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1984a. Office of Air Quality, Planning & Standards. Locating & Estimating (L&E) Air Emissions from Sources of Chromium. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1984b. Office of Air Quality, Planning & Standards. Locating & Estimating (L&E) Air Emissions from Sources of Nickel. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1993. Fish Processing. Emission Factor Documentation for AP-42. Section 6.13.1.

US EPA, 1993a. Office of Air Quality, Planning & Standards. Locating & Estimating (L&E) Air Emissions from Sources of Cadmium and Cadmium Compounds. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1996. Office of Air Quality, Planning & Standards. Locating & Estimating (L&E) Air Emissions from Sources of Benzene. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1998a. Office of Air Quality, Planning & Standards. Locating & Estimating (L&E) Air Emissions from Sources of Arsenic and Arsenic Compounds. EPA Publications, Washington.

US EPA, 1998b. Office of Air Quality, Planning & Standards. Locating & Estimating (L&E) Air Emissions from Sources of Lead and Lead Compounds. EPA Publications, Washington.

US EPA, 2004. Office of Air Quality, Planning & Standards. Factor Information Retrieval Database (FIRE 6.25). EPA Publications, Washington.

Vázquez, V. L., Rodríguez, G., Daddi, T., De Giacomo, M. R., Polders, C., Dils, E., 2014. Policy challenges in transferring the integrated pollution Prevention and control approach to Southern Mediterranean countries: a case study, Journal of Cleaner Production 107, 486-497.

Vourch, M., Balannec, B., Chaufer, B., Dorange, G., 2008. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. Desalination 219, 190-202.

Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & Van Boekel, M. A., 2001. Milk science and dairy products technology (in Spanish). Acribia S.A, Zaragoza.

Win Precog, 2000. Systems for information and energy management (in Spanish). Software WinPRECOG 2.52. Barcelona.

World Bank, 1998. Environment Department. Pollution Prevention and Abatement. Dairy Industry. Technical Background Document.

Xunta de Galicia, 2001. Prevención de la contaminación en la industria de conservas de pescado y mariscos. Colección técnica, medio ambiente. pp. 1-62.

Xunta de Galicia, 2005. Autorización ambiental integrada. Guía de aplicación en las instalaciones destinadas al procesado de pescados y mariscos (en gallego). Ed. Xunta de Galicia – Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Santiago de Compostela.

Xunta de Galicia, 2005a. Autorización ambiental integrada. Guía de aplicación en las instalaciones destinadas al tratamiento y transformación de leche. Ed. Xunta de Galicia – Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Xunta de Galicia, 2006. Autorización ambiental integrada. Guía de aplicación en las instalaciones para mataderos. Ed. Xunta de Galicia – Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Xunta de Galicia, 2007. Guía de referencia para el cálculo de las emisiones del registro europeo para la industria de conservas. Xunta de Galicia.

Xunta de Galicia, 2009. Consellería de medio ambiente e infraestructuras. http://www.cmati.xunta.es/portal/jsp/index.jsp (Acceso Noviembre 2010).

Xunta de Galicia, 2010. Consellería de pesca y Asuntos marítimos. http://webpesca.xunta.es. (Acceso Junio 2011).

Xunta de Galicia, 2015. Consellería de medio rural.

Xunta de Galicia, 2018. Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de Galicia.

Xunta de Galicia, 2020. Estrategia Gallega de Economía Circular.

Yilmaz, O., Anctil, A., Karanfil, T., 2015. LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting. Journal of Cleaner Production 105, 337-347.

Zaldívar, J.M., Marinov, D., Dueri, S., Castro-Jiménez, J., Micheletti, C., Worth, A.P., 2011. An integrated approach for bioaccumulation assessment in mussels: Towards the development of Environmental Quality Standards for biota. Ecotoxicology and Environmental Safety, 74, 244-252.

Zarker, K., Kerr, R., 2008. Pollution prevention through performance-based initiatives and regulation in the United States. Journal of Cleaner Production 16, 673-685.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

DIFUSIÓN DE RESULTADOS

PUBLICACIONES EN REVISTAS CIENTÍFICAS

Torres López, E.R., Doval Leira, R., Galera Martínez, M., Bello Bugallo, P.M. Integrated environmental permit through Best Available Techniques: Evaluation of the dairy industry. Journal of Cleaner Production, Volume 162, 20 September 2017, Pages 512-528.

Taboada Gómez, M. C., Magán Iglesias, A., Torres López, R., Bello Bugallo, P. M. Towards sustainable systems configurations: application to an existing fish and seafood canning industry. Journal of Cleaner Production, Volume 129, 15 August 2016, Pages 374-383.

Bello Bugallo, P.M., Cristóbal Andrade, L., Agrelo de la Torre, M., Torres López, R. Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW Spain). Science of The Total Environment, Volume 481, 15 May 2014, Pages 656-661.

Bello Bugallo, P.M., Cristóbal Andrade, L., Magán Iglesias, A., Torres López R. Integrated environmental permit through Best Available Techniques: evaluation of the fish and seafood cannig industry. Journal of Cleaner Production, Volume 47, May 2013, Pages 253-264.

Bello Bugallo, P.M. Stupak, A., Cristóbal Andrade, L., Torres López, R. Material Flow Analysis in a cooked mussel processing industry. Journal of Food Engineering, Volume 113, Issue 1, November 2012, Pages 100-117.

PROCEEDINGS EN CONGRESOS INTERNACIONALES

Candidate BAT Inventory for the Production of the Biomass Fuels Industry. Autores: Bello Bugallo P.M., Pérez Astray A.C., Prieto García S., Torres López R. WasteEng16. Albi (France), 23-26 May.

Explotation of Mineral Reserves for Gold Production: Economy, Society, Environment and Governance. Autores: Bello Bugallo P.M., Vergara Rodriguez R., Domínguez Vidal G., García Rellán A., Torres López R. WasteEng16. Albi (France), 23-26 May.

Pollution Prevention and Control in the fish and seafood processing industry: application to an octopus processing activity. Autores: Outon Gil, R., Sueiras Prado A., Torres López R., Bello Bugallo P.M. WasteEng16. Albi (France), 23-26 May.

Sustainable system configurations applicated to an existing canning enterprise. Autores: P.M. Bello Bugallo, M.C. Taboada Gómez, R. Torres López, A. Magán Iglesias. WasteEng14. Rio de Janeiro (Brasil), 25-28 Agosto 2014.

E-learning for the continuing vocational education and training (CVET) in a waste management company. Autores: Bello Bugallo P.M., Domínguez Vidal, G., Armada López, E., Taboada Gómez, M.C., Torres López, R. ISAGA. Dornbirn (Austria), 07-11 Julio 2014.

Application of biofilm reactors to improve ammonia oxidation in low nitrogen loaded wastewater. Autores: I. Seca, R. Torres, A. Val del Río, A. Mosquera-Corral, J.L. Campos y R. Méndez. IWA CONFERENCE S2SMALL 2010 Sustainable Solutions for Small Water and Wastewater Treatment Systems (Girona, Spain), 19-22 de abril 2010.

F. González Durán, A. García Rellán, E. R. Torres Lopez, P. M. Bello Bugallo. Evaluation of the efectiveness of the IPPC legal framework by Life Cycle Thinking tools: the case of slaughterhouses in Galicia. Proceedings of the 7th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation. July 2-5, 2018 Prague, Czech Republic pp. 934-943 ISBN: 979-10-91526-07-4

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA