

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Microbiología III



TESIS DOCTORAL

**Identificación y control de peligros microbiológicos que
afectan a la calidad en la elaboración de queso**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Oscar Javier Esteban Cabornero

Director

José Martínez Peinado

Madrid, 2018

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Microbiología III



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

TESIS DOCTORAL

**Identificación y control de peligros microbiológicos
que afectan a la calidad en la elaboración de queso**

Autor

Oscar Javier Esteban Cabornero

Director

José Martínez Peinado

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Microbiología III



TESIS DOCTORAL

**Identificación y control de peligros microbiológicos
que afectan a la calidad en la elaboración de queso**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Doctorando:

Director:

Oscar Javier Esteban Cabornero

José Martínez Peinado

Madrid, 2017



Facultad de Ciencias Biológicas

Departamento de Microbiología III

José Antonio Novais nº 12

Ciudad Universitaria. 28040 (Madrid)

Tfno y fax: 91 394 49 64

EL PROF. JOSÉ MARTÍNEZ PEINADO, CATEDRÁTICO DE MICROBIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, PERTENECIENTE AL DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA III DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS,

CERTIFICA

Que la Tesis Doctoral titulada “Identificación y control de peligros microbiológicos que afectan a la calidad en la elaboración de queso”, de la que es autor D. Oscar J. Esteban Cabornero, Licenciado en Biología por la Universidad Complutense de Madrid y Máster en Tecnologías Alimentarias por la Universidad de Murcia, ha sido realizada bajo mi dirección en el Departamento de Microbiología III en la Facultad de Ciencias Biológicas y cumple las condiciones exigidas por la normativa vigente para optar al título de Doctor por la Universidad Complutense de Madrid,

Y para que así conste, firmo el presente certificado en Madrid, a 5 de abril de 2017.

Prof. Dr. José Martínez Peinado
Director de la Tesis

A Laura,
así puedo ver más,
y más cerca



“Decía Bernardo de Chartres que somos como enanos subidos a hombros de gigantes, así podemos ver más, y más lejos que ellos, no por la agudeza de nuestra vista ni por el tamaño de nuestro cuerpo, sino porque nos sostienen sobre ellos y nos beneficiamos de su gigantesca altura.”²

¹ *Orion et Cédalion* (detalle de fotografía) reproducida con permiso expreso del propietario del copyright ©Musée du Louvre 2007. Escultura original atribuida a Barthélemy Prieur, en *Musée du Louvre, Paris*.

² Traducción propia adaptada del original:

“Dicebat Bernardus Carnotensis nos esse quasi nanos, gigantium humeris incidentes, ut possimus plura eis et remotiora videre, non utique proprii visus acumine, aut eminentia corporis, sed quia in altum subvehimur et extollimur magnitudine gigantea.”

Juan de Salinsbury, *Metalogicus*, Libro III, cap. 4 C, (1159), en *Patrologia Latina*, vol. 199, col. 900

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincera gratitud y agradecimiento a todos los gigantes sobre los que he tenido la oportunidad de poder ver mucho más lejos y con cada cual en diferentes aspectos.

A la *alma mater*, la Complutense, que continua estimulando mi aprendizaje.

A la Facultad de Ciencias Biológicas con la que inicié mi vida universitaria.

De todos los gigantes, a Pepe por creer en mí, por su visión, su dedicación y por su apoyo incondicional. Y al Profesor Martínez Peinado porque para mí ha sido un modelo de inspiración como científico. Gracias.

A Petra Wrent, Maribel de Silóniz y Raúl Romero por su ayuda en el enfoque de soluciones, diseño de experimentos y tratamiento de datos. A Belén Patiño y a M^a José Valderrama por su disponibilidad y comentarios.

A las personas del Departamento de Microbiología III: a los de hace 22 años, a los que siguen y a los actuales.

A los evaluadores, que tanto me han ayudado con sus correcciones y sugerencias.

A todos los colegas y amigos queseros que se han ofrecido a compartir sus inquietudes, problemas, fotografías, anécdotas, soluciones e ideas y que me han permitido orientar con más amplitud esta investigación. Sus nombres no pueden ser citados por razones éticas y para preservar la identidad de las empresas en las que desarrollan o han desarrollado sus actividades. Sí quiero mencionar muy emotivamente a Gonzalo†, maestro quesero y amigo, quién me inició en la tecnología quesera compartiendo abiertamente sus conocimientos.

A todos los profesionales anónimos que han colaborado en las encuestas publicadas en internet y que han contribuido con sus diversas perspectivas.

A Juan Pascual por el permiso para reproducir las fotografías de portada de los capítulos (©Juan Pascual 2014) y a todas las organizaciones, instituciones y empresas que han permitido reproducir parte de sus trabajos y obras o bien me han facilitado información: FAO, InLac, AENOR, FeNIL, EuroStat, FAOStat, Tetra Pak, Roche Diagnostics y *Musée du Louvre*.

A todo Entrepinares, representado por José Antonio Martín, por apoyarme en una iniciativa personal que acerca la ciencia a la empresa.

A Carlos Tejedor que me ha permitido ver más lejos en el mundo profesional.

Quiero mencionar a todo el equipo *Brilliant People* de la oficina de Calidad y Desarrollo por su apoyo e interés. A Inés por su empatía. A Elena por su escucha y sus ideas.

A mi familia por toda la comprensión que han tenido y el ánimo que me han dado.

A Laura y a nuestra F1, Alicia e Irene, por todo.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Microbiología III



TESIS DOCTORAL

**Identificación y control de peligros microbiológicos
que afectan a la calidad en la elaboración de queso**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Oscar Javier Esteban Cabornero

Director

José Martínez Peinado

Madrid, 2017

ÍNDICE

TESIS DOCTORAL	I
CERTIFICADO DEL DIRECTOR	V
A LAURA,.....	VII
AGRADECIMIENTOS.....	XI
PORTADA	1
ÍNDICE	3
RESUMEN	7
ABSTRACT	11
EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA TESIS	15
I EN BUSCA DE UN ABORDAJE INTEGRADO Y BIOTECNOLÓGICO DE LA CALIDAD Y SU CONTROL EN LA ELABORACIÓN DE QUESO	21
I.1. INTRODUCCIÓN	23
I.1.1. EL SECTOR LÁCTEO	25
I.1.2. MARCO TECNOLÓGICO.....	31
I.1.3. MARCO SOCIAL	53
I.1.4. SISTEMAS DE GESTIÓN.....	57
I.1.5. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y BIBLIOMÉTRICO.....	64
I.2. METODOLOGÍA	69
I.2.1. RECOGIDA DE INFORMACIÓN	72
I.2.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	74
I.2.3. HERRAMIENTAS BÁSICAS DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS.....	77
I.2.4. MODELO DE ORGANIZACIÓN DE LA COMPLEJIDAD: CYNEFIN.....	79
I.2.5. TIPOS DE RAZONAMIENTO.....	83
I.2.6. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS MICROBIOLÓGICOS.....	87
I.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	92
I.3.1. PROBLEMAS EN LA ELABORACIÓN DE QUESO	92
I.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS MICROBIOLÓGICOS.....	119
I.3.3. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN.....	124
I.3.4. UNA PROPUESTA INTEGRADA, BIOTECNOLÓGICA, DEL CONTROL DE LOS PELIGROS MICROBIOLÓGICOS QUE AFECTAN A LA CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO	140

II	PELIGROS MICROBIANOS PARA LA CALIDAD DEL QUESO. ESTUDIO DE CASOS: HINCHAMIENTO POR PRODUCCIÓN DE CO₂ FERMENTATIVO Y PRODUCCIÓN DE PIGMENTOS.....	149
II.1.	INTRODUCCIÓN	150
II.1.1.	LAS LEVADURAS PRESENTES EN LOS QUESOS Y EN LAS INSTALACIONES QUE LOS PRODUCEN	150
II.1.2.	LEVADURAS CAUSANTES DE DETERIORO EN QUESOS: HINCHAMIENTO Y PIGMENTACIÓN	157
II.2.	METODOLOGÍA.....	164
II.2.1.	MÉTODOS DE MUESTREO Y AISLAMIENTO.....	164
II.2.2.	IDENTIFICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS CEPAS AISLADAS	165
II.2.3.	ESTUDIO DE LAS CAPACIDADES METABÓLICAS DE LAS CEPAS DE LEVADURA	166
II.2.4.	TEST DE EFECTIVIDAD DE DESINFECTANTES INDUSTRIALES	167
II.2.5.	INOCULACIÓN SUPERFICIAL DE QUESOS CON SUSPENSIONES DE ESPORAS DE MOHOS	168
II.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	170
II.3.1.	LAS LEVADURAS PRESENTES EN LAS INSTALACIONES DE ELABORACIÓN DE QUESOS.....	170
II.3.2.	ALTERACIONES EN LOS QUESOS	178
II.3.3.	LEVADURAS PRESENTES EN QUESOS DETERIORADOS	180
II.3.4.	DIVERSIDAD INTRAESPECÍFICA DE LAS LEVADURAS DEL QUESO: EL CASO DE <i>D. hansenii</i>	181
II.3.5.	RESISTENCIA A DESINFECTANTES.....	189
II.3.6.	PRODUCCIÓN DE PIGMENTOS	193
III	ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN DEL ABORDAJE INTEGRADO PARA EL CONTROL DE LOS CASOS ESTUDIADOS	197
III.1.	INTRODUCCIÓN	198
III.1.1.	BARRERAS CONOCIDAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN	199
III.1.2.	GESTIÓN DE EXPEDIENTES INDIVIDUALES	202
III.1.3.	GESTIÓN GLOBAL DE EXPEDIENTES	206
III.2.	METODOLOGÍA.....	207
III.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	209
III.3.1.	BARRERAS A LA IMPLEMENTACIÓN EN LOS PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS DE GESTIÓN	209
III.3.2.	SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LOS SISTEMAS DE GESTIÓN.....	212
III.3.3.	APLICACIÓN DE PRÁCTICAS BASADAS EN HECHOS MICROBIOLÓGICOS.....	215
III.3.4.	EJEMPLOS DE ÉXITOS DE APLICACIÓN DE PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS	222
CONCLUSIONES	229	
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO I	229	

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO II	229
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO III	230
REFERENCIAS, FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA.....	231
ÍNDICES	245
I. ÍNDICE DE FIGURAS	245
II. ÍNDICE DE TABLAS	251
ANEXOS.....	253
I. ABREVIATURAS.....	253
II. ENCUESTA DE PROBLEMAS	255
III. ENCUESTA DE EXPERTOS.....	259
LICENCIA	263

RESUMEN

Este trabajo constituye un estudio de los sistemas de gestión de calidad aplicados a la industria alimentaria y en concreto a la elaboración de queso. El tema central es la complejidad, la variabilidad y la incertidumbre, y cómo estos conceptos son abordados por los sistemas de gestión. El alcance de la investigación son los incidentes microbiológicos en la elaboración de queso. El modelo de estudio son los quesos de pasta prensada no cocida y coagulación mixta, madurados o no. A raíz de la experiencia y la observación surge la idea sobre el nivel de complejidad de un queso, visto como un producto biotecnológico y no como un bien de consumo. A partir de este punto se establecen una serie de preguntas: ¿es significativa la variabilidad que aportan los microorganismos al queso?, si lo es ¿es suficiente la visión de los sistemas de calidad actuales para gestionar dicho producto?, ¿sería posible complementar los sistemas de gestión actuales para ajustarse en mayor medida a nuestro modelo de estudio?, y en ese caso ¿sería aplicable dicho el nuevo sistema en una quesería?

Para intentar responder a las anteriores preguntas se establecen los siguientes objetivos:

1. Identificar los abordajes adicionales de los sistemas de gestión de la calidad que son necesarios en la elaboración de queso, desde una perspectiva específicamente biotecnológica.
2. Identificar las propuestas metodológicas de base científica ya elaboradas que serían aplicables para responder a las necesidades identificadas en el objetivo 1, proponer nuevos abordajes para las que no queden cubiertas y elaborar un modelo mejorado de gestión de la calidad, específico para la producción industrial de queso.
3. Revisar los peligros microbiológicos relacionados con la calidad a nivel internacional, compararlos con los encontrados en fábricas nacionales y analizar las bases fisiológicas del deterioro y su relación con el funcionamiento y los parámetros controlables de la industria de producción en muestras reales.
4. Elaborar una propuesta mejorada de gestión de la calidad basada en las conclusiones alcanzadas en los objetivos 2 y 3 y analizar si el aumento de complejidad y las características del control permite que sea aplicable industrialmente.

La memoria está estructurada en tres capítulos. En el Capítulo I se estudia el entorno del mundo quesero desde varias perspectivas: el sector lácteo en su conjunto, la tecnología quesera, el factor social, los sistemas de gestión de la calidad y la investigación reciente;

posteriormente se presenta un análisis de incidentes relacionados con la elaboración en varias queserías de ámbito nacional. Sobre estos datos se han buscado pautas y tendencias para poder evaluar si con las herramientas actuales de gestión se puede hacer un control efectivo de los procesos y, además, si es posible detectar puntos de mejora atendiendo a la característica biotecnológica del producto. Por último, se proponen una serie de principios y prácticas que complementan a los ya existentes en los sistemas de gestión y que pueden resumirse en: 1) integrar la incertidumbre microbiológica en la gestión diaria, 2) dar valor a las mejores decisiones por encima de los mejores resultados y 3) para ciertas circunstancias entender la calidad no tanto como la ausencia de problemas sino como la capacidad de reacción rápida y adaptación.

El Capítulo II presenta un análisis sobre casos reales de defectos con origen microbiológico. El estudio se ha realizado con la colaboración de varias queserías. En diferentes etapas del proceso se han identificado las especies de levaduras presentes. Se ha podido comprobar que la microbiota levaduriforme es en gran medida común. Los datos se han comparado con estudios previos comprobando que no existen diferencias significativas entre nuestros datos y los estudios anteriores. Igualmente se ha comprobado que la presencia de levaduras en el interior de los quesos tiene como origen más probable la inmersión en salmuera; en esta etapa la microestructura de la cuajada es determinante para los flujos de entrada de sal y la microbiota en suspensión. Se ha insistido en las capacidades de consumo de fuentes de carbono como base de unos criterios de determinación del riesgo. La identificación de las cepas de las diferentes especies halladas ha permitido hacer un análisis de la variabilidad en el caso concreto de *Debaryomyces hansenii*, que ha presentado diferencias metabólicas entre sus diferentes cepas, así como en cuanto a su presencia en una misma muestra de queso. Un dato revelador ha sido la presencia de las mismas cepas en queso normal y queso deteriorado, lo que permite concluir que el deterioro puede ocurrir cuando la microbiota habitual tiene un crecimiento descontrolado. Con base en este criterio se ha desarrollado un índice de riesgo para cada cepa.

Para el control de las levaduras en las queserías se han usado diferentes cepas frente a productos de uso común empleados en las operaciones de limpieza y desinfección. Se ha comprobado que el efecto es variable. El conocimiento individualizado de la microbiota de cada quesería permitiría la optimización de los programas de desinfección. Por último, sobre un caso real de crecimiento de moho en corteza se ha podido determinar que el factor clave

es la falta de integridad de la corteza, por la que el moho es capaz de acceder al interior del queso, si bien únicamente hasta dónde la difusión de oxígeno le permite crecer.

En el capítulo III se aborda la aplicabilidad de los principios y prácticas propuestas en el capítulo I para la prevención, gestión y actuación ante problemas con origen microbiológico como los que se han presentado en el capítulo II. Se han analizado las barreras descritas en otros estudios para la implantación de sistemas de gestión y se han analizado las barreras específicas que potencialmente existirán en la implantación de la nueva propuesta. Sobre las de origen microbiológico se proponen una serie de prácticas concretas encaminadas a la reducción de la variabilidad y a aumentar el control de los incidentes de este mismo origen. El último apartado se dedica a la presentación de ejemplos concretos en los que la aplicación de las herramientas propuestas ha sido exitosa y en algunos casos ha permitido alcanzar una solución más completa que con un modelo tradicional de gestión.

ABSTRACT

This thesis describes a study on the quality management systems related to the food industry, focusing on cheese elaboration. The central topic is the complexity, variability and uncertainty of this process, and how are they dealt with by these management systems. The scope of this research are the microbiological incidents in the elaboration of cheese. The study model are the uncooked pressed cheese with mixed coagulation, ripened or not. From previous experience and observation, the idea arises of how complex is a cheese, seen as a biotechnological product and not as a consumer good. From this point, some questions arise: Is the variability of cheese, induced by its microorganisms, significant? And if so, is it the vision of the quality management systems enough to handle this product?; would it be possible to complement the current management systems to adjust themselves accurately to our study model? And if this was the case, could it be applied to a cheese factory?

Trying to answer these questions, the following objectives are drawn:

1. To identify the additional approaches of the quality management systems that are essential in cheese elaboration, from a biotechnological perspective.
2. To identify the methodologies out of a scientific basis, already made and applied to answer the previous objective necessities, as well as to propose new approaches for the non-covered ones and to elaborate an improved quality management system, specific for the cheese industry.
3. To look over the microbiological hazards related to the international level of quality, comparing them with the ones found in national factories, and to analyse the physiological basis for its spoilage and its relation with the running and controlled parameters in the production industry drawn from real samples.
4. To create an improved proposal of quality management based on the conclusion extracted from objectives 2 and 3, and analyse if the raise of both complexity and features of this control allows its application in the cheese industry.

This thesis is organized around three chapters. Chapter I shows the environment of the cheese world from several perspectives: the dairy products sector, technology related to it, the social factor, the quality management systems and the recent surveys and research taken. Then, an analysis of the incidents related to the elaboration of cheese in some cheese factories in the national area are summarized.

From this data, I have searched for guidelines and tendencies in order to evaluate if with the current management tools, an effective processes control can be done and, as well, if it is possible to detect improvement opportunities related to the biotechnological features of the product.

Last, a list of practises and principles are proposed in addition to the current ones in the quality management systems. They can be summarized into: 1) to assimilate the microbiologic uncertainty in daily management, 2) to choose the best decisions over the best results and 3) under specific circumstances, to understand the quality, not as the absence of problems, but as the capacity of fast reaction and adaptation.

The second chapter presents an analysis made on real situations of microbiological faults. The research has been made with the collaboration of some cheese factories. In the different stages of the process, the different types of yeasts have been identified. It has been proved that the yeast microbiota is common to all of them. Data has been compared with previous research, pointing out that there are not significant differences between our data and former research. Thus, it has been checked as well that the presence of yeasts in the internal part of cheese has the brine immersion as the most common origin; so, in this stage the curd's microstructure is essential for the salt entry flow and the microbiota suspension. The capacities to use different carbon sources as the basis of some risk assessment criteria had been stressed. Thus, the identification of the different strains found have allowed to do analysis of the intraspecific variability, especially in the case of the *Debaryomyces hansenii*, that presents relevant metabolic differences in its different strains. One of the most significant data has been the presence of the same strains in a normal cheese and in spoiled cheese, so we can conclude that the spoilage could happen when the usual microbiota has an uncontrolled growth. Taking this criterion as the base, we have created a risk index for each strain.

For the control of yeasts in the different cheese factories, some strains have been used, confronted to the products usually employed in the cleaning and disinfection operations. It has been proved that the effect is variable. The knowledge of the yeast microbiota in each cheese factory would allow the optimization of the disinfection programmes. Lastly, basing ourselves into a real case of crust mould growth, it has been claimed that the key factor is the

lack of integrity in the rind, thanks to which the mould is able to reach the internal part of the cheese, only until the oxygen diffusion permits aerobic growth.

Chapter III deals with the possible application of the principles and practises proposed in Chapter I for the prevention, management and the design of protocols of action to microbiological problems, like the ones presented in Chapter II. Barriers described in the previous studies have been analysed to allow the implementation of quality management systems. Also, the specific limits that could occur in the future as potential barriers to apply this new proposal have been analysed. Related to the microbiological problems, some specific practises have been proposed, going towards the reduction of the variability and the control of incidents with the same origin. In the last part of this project, there are specific examples in which the application of the proposed tools was a success and, in some cases, it has allowed us to reach a more complete answer than a traditional management model.

EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA TESIS

El contexto científico en el que pretende integrarse esta investigación es el Horizonte 2020, “el programa de investigación e innovación más ambicioso puesto en marcha por la Unión Europea (UE) del que se espera que dé lugar a más avances, descubrimientos y primicias a nivel mundial, convirtiendo las grandes ideas surgidas de los laboratorios en productos de mercado” en palabras de la propia Comisión (Comisión Europea, 2014). Los pilares en los que se fundamenta este amplio programa son “ciencia excelente”, “liderazgo industrial” y “retos de la sociedad”. Siguiendo esas líneas maestras se plantea esta investigación sobre el control de la calidad microbiológica en las industrias de fabricación de queso. Reordenando esos pilares, también se puede decir que el objetivo general de este trabajo es ayudar a resolver un reto industrial mediante el liderazgo de la ciencia para conseguir productos mejores para una sociedad excelente.

Este objetivo presenta una versión lo más actualizada posible de una problemática concreta, la calidad microbiológica en la industria quesera para que, mediante un abordaje científico, se pueda llegar a propuestas que mejoren el valor social de esta industria.

El origen de este trabajo de investigación surge de una inquietud personal por parte del investigador que se ha ido definiendo conceptualmente tras dieciocho años de experiencia trabajando en la industria alimentaria y concretamente los últimos ocho años en la industria quesera, gestionando el diseño, los métodos de elaboración y el control de la seguridad y de la calidad del producto. La ordenación sistemática que se consigue con las innumerables herramientas de gestión de la calidad, actualmente disponibles, siempre me ha resultado de gran ayuda durante estos años. A la vez que se superaban retos y dificultades me he reafirmado en el uso de Planes Estratégicos, sistemas de Gestión por Procesos, implantación de diferentes normas de inocuidad, medioambiente y seguridad laboral, herramientas Lean, etcétera. Cuanto más aplicábamos las herramientas clásicas de resolución de problemas, de probada efectividad, más crecía una sensación de cierto vacío, una intuición que se ha ido concretando y verbalizando en las reuniones de trabajo con los diferentes colegas del sector: “hay algo que se nos escapa”. Cada vez se hacía más clara la sensación de que el queso “está vivo”, aunque evidentemente no cumpla con las características propias de un organismo con dicha cualidad.

Este trabajo parte de esta idea, que ha sido contrastada con numerosos profesionales del sector durante el desarrollo de esta investigación: la fabricación de los alimentos en general y la elaboración de los quesos en particular tienen un nivel de complejidad mayor o por lo menos diferente que la fabricación de otros bienes de consumo.

Esta idea, la de aumentar la perspectiva para poder comprender los procesos orgánicos y de organización de la vida no es nueva y ha sido presentada de forma mucho más general y estructurada por números autores (Schrödinger, 1944; Margulis and Sagan, 1995; Watson, 2007; Regis, 2008). La inquietud inicial presentada anteriormente se convierte por lo tanto en la necesidad de aumentar los puntos de vista que hay que incluir en la gestión de la industria alimentaria que sean capaces de enriquecer y complementar los actuales sistemas de gestión de la calidad ya desarrollados.

El objeto de estudio de esta investigación se centra en un caso industrial modelo, las fábricas de queso, puesto que esta industria abarca los aspectos del estudio de la calidad industrial en sus posibles variantes y el queso, como producto final, supone un sistema orgánico con microorganismos vivos durante toda su vida comercial que le confiere la complejidad adicional que es necesario abordar.

Las empresas de alimentación, además de la regulación horizontal en el aspecto económico, fiscal, laboral y de régimen general también están sometidas a regulación específica relativa a la inocuidad. Además existe, como en cualquier otro sector, una reglamentación vertical específica del producto que se fabrique, en este caso el queso (R.D.1113/2006 consolidado 2006 y posteriores modificaciones).

Por tanto, este trabajo tiene como objeto de estudio al sector quesero que tiene origen artesanal y que evoluciona hacia una gestión industrial. Este sector se está integrando en un mercado global, donde la competencia es muy elevada y los retos de gestión someten a gran presión a todos los actores para la supervivencia del sector en general y de cada empresa en particular. En este contexto, las empresas de alimentación tienen como primer reto básico la inocuidad de los alimentos que ponen a disposición de los consumidores. Este principio está ampliamente regulado por diferentes ámbitos legislativos y controlados por los sistemas de control oficial, por los clientes y por los consumidores. Se hace difícil encontrar empresas que hayan sobrevivido, o al menos, que hayan mantenido su nivel de ventas tras una quiebra de la seguridad de sus productos. Sin embargo, este pilar básico de la gestión que es la inocuidad

es condición *sine qua non* aunque no es suficiente para el éxito, supervivencia y crecimiento de las organizaciones. Es en este punto donde los sistemas de calidad toman relevancia.

La calidad, entendida como la capacidad de suministrar lo que el consumidor espera, es finalista en su sentido más estricto (Huggins, 1998). El consumidor es un juez implacable, anónimo y variable. En este punto es donde las empresas apuestan por sistemas de gestión que garanticen el suministro constante de un producto que satisfaga las expectativas demandadas. Sin embargo, en aspectos de calidad, las organizaciones se encuentran sin apenas ninguna referencia legal ni guía sectorial. Las empresas de alimentación deben cumplir con la legislación vigente y la normativa que se les aplique en materia de seguridad alimentaria y se deja a su exclusivo control la calidad de sus procesos y productos. Por ello, este trabajo tiene como objetivo principal proporcionar conceptos científicamente fundados que tengan en cuenta la complejidad adicional del queso como alimento vivo, así como el aporte de herramientas dirigida a los gestores de la calidad en la industria de elaboración de queso.

Como ya se ha expuesto la base de esta investigación está en el convencimiento de que existe una laguna metodológica en la comprensión del concepto propio del alimento en cuanto que es un sistema orgánico que además pasará a formar parte literalmente de nuestro propio cuerpo. Por otro lado hay ciertos tipos de alimentos que son sistemas biotecnológicos en los que además de la complejidad orgánica existe una perspectiva microbiológica de un organismo vivo y en crecimiento que interacciona con la matriz alimentaria y posteriormente en mayor o menor medida con nuestro propio organismo al ser ingerido. Además existe un nivel adicional de complejidad en los alimentos que contienen varios tipos de microorganismos y que permiten la interacción entre los mismos, convirtiéndose el alimento en sí mismo en un sistema ecológico a conocer. En esto se sustenta el planteamiento de este trabajo de investigación: cuestionarnos si este tipo de producto, el queso como sistema biotecnológico, puede ser gestionado con los modelos industriales estandarizados para productos en serie.

De esta forma, el Capítulo I de este trabajo se centra en revisar los modelos de gestión de la calidad existentes que permiten controlar la seguridad de los alimentos y concretamente los problemas de calidad asociados a los quesos, así como identificar las propuestas metodológicas actuales presentes en su control. Tras su análisis y discusión, se proponen con base en la experiencia en la gestión de los mismos por parte del investigador una serie de

herramientas de gestión que serán verificadas para comprobar su aplicabilidad a los modelos de estudio al final de este trabajo de investigación.

En una primera recopilación sobre los problemas de calidad en quesos se comprobó que apenas existen estudios publicados ni reglamentación: como ya se ha comentado la legislación tiene muy bien definidos los parámetros de inocuidad (Comisión Europea, 2005) y sin embargo deja a control de la industria los problemas de calidad. En el control de la seguridad microbiológica los peligros están bien definidos y la aparición de nuevos peligros se notifica y difunde rápidamente (Comisión Europea, 2017); además es objeto de estudios científicos para la cuantificación de sus riesgos y dispone de una metodología (APPCC) bien definida (FAO y OMS, 2011a). Se comprueba que en contraste en el área de calidad los conocimientos son menores, peor definidos y no se suelen difundir ni constituyen objeto de tantos estudios por parte la comunidad científica.

Por otro lado, los peligros microbiológicos que afectan a la salud son comunes, salvo algunas excepciones, a todos los alimentos, mientras que los que afectan a la calidad son mucho más específicos de los diversos alimentos y los distintos procesos de producción y comercialización.

En este sentido, los peligros que afectan a la calidad y a los que hay que enfrentarse también cambian y evolucionan a medida que lo hace la propia industrial y el contexto social y ambiental en el que se integra.

Una parte importante de este trabajo es la identificación de los peligros en el área de la calidad del alimento seleccionado, el queso, un problema que vimos desde el principio que estaba lejos de estar resuelto por completo. En este trabajo intentamos avanzar en su solución, revisando y analizando algunos casos concretos de pérdida de la calidad, identificando los agentes causales y estudiando los factores microbianos y ambientales subyacentes a la producción del daño. Estos estudios microbianos, realizados sobre levaduras aisladas en ambientes industriales y que incluyen muestras de procesos y quesos alterados y normales, constituyen el Capítulo II de la tesis.

Finalmente el Capítulo III utiliza estos casos de alteración como modelos, en los que los mecanismos fisiológicos subyacentes al deterioro, propuestos en el Capítulo II, se relacionan con los cambios en los parámetros industriales registrados para poder analizar la eficacia de la gestión de la calidad propuesta en el Capítulo I. De esta forma, los estudios microbiológicos

pasan a formar parte de los modelos de estudios sobre los que probar y validar las nuevas tesis de gestión.

Pero estos cambios conceptuales no siempre son fáciles de implementar. Una vez que la organización ha dado el paso de emplear un sistema de gestión estructurado, lo que no siempre es el caso, pasa por una etapa de indeterminación donde las primeras barreras al cambio pueden hacerse notar. Durante las siguientes etapas podrían hacer aparición un número variable de barreras que dificultaran la implantación o, en el caso de darse, la eficacia de dicha implantación. Analizaremos durante esta investigación las barreras que pueden aparecer, los orígenes de las mismas y una propuesta de abordaje de solución.

Todo ello se quiere fundamentar en tres valores que orienten todo el desarrollo de esta tesis. En primer lugar el rigor científico, buscando aportar el valor del método científico en el abordaje de los problemas empresariales. En segundo lugar el pragmatismo industrial ya que se intentará que esta investigación en su conjunto pueda servir como base de una mejora en la gestión de la calidad en la fabricación de quesos. Y todo ello buscando la armonía de los campos que confluyen en la tesis: empresa, universidad, experimentación, legislación, sociedad, ...

En resumen se pretende que sea un trabajo basado en el rigor científico, que aporte suficientes bases para diseñar un sistema mejorado de gestión del riesgo que pueda interesar de inicio y estímulo para los técnicos y directores de calidad en su cometido de garantizar la calidad/inocuidad de los alimentos cumpliendo la legislación con las mayores garantías y con el coste adecuado.

Así, teniendo en cuenta todo lo anterior pretendemos alcanzar en esta tesis los siguientes objetivos:

1. Identificar los abordajes adicionales de los sistemas de gestión de la calidad que son necesarios en la elaboración de queso, desde una perspectiva específicamente biotecnológica.
2. Identificar las propuestas metodológicas de base científica ya elaboradas para controlar la seguridad microbiana de los alimentos que serían aplicables para responder a las necesidades identificadas en el objetivo 1, proponer nuevos abordajes para las que no queden cubiertas y elaborar un modelo mejorado de gestión de la calidad, específico para la producción industrial de queso.

3. Revisar los peligros microbiológicos relacionados con la calidad en la fabricación de queso a nivel internacional, compararlos con los encontrados en fábricas nacionales y analizar las bases fisiológicas del deterioro y su relación con el funcionamiento y los parámetros controlables de la industria de producción en muestras reales.
4. Elaborar una propuesta mejorada de gestión de la calidad basada en las conclusiones alcanzadas en los objetivos 2 y 3 y analizar si el aumento de complejidad y las características del control permite que sea aplicable industrialmente.

CAPÍTULO I

I EN BUSCA DE UN ABORDAJE INTEGRADO Y BIOTECNOLÓGICO³ DE LA CALIDAD Y SU CONTROL EN LA ELABORACIÓN DE QUESO



³ Biotecnología: De bio- y tecnología; 1.f. Biol. Empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos. ©RAE 2017 <http://dle.rae.es/?id=5ZjTrbQ> (RAE, 2016)

I.1. Introducción

En una fábrica la aparición de problemas, de mayor o menor calado y con mayor o menor frecuencia dependerá del éxito de la implantación del sistema elegido, pero en todo caso es seguro que aparecerán y la experiencia y la observación así lo confirman. El objetivo del gestor no será tanto conseguir la ausencia de problemas como conseguir hacer mínimo el ratio de aparición, minimizar la gravedad en los casos de ocurrencia y poder establecer acciones inmediatas reparadoras así como herramientas que permitan establecer acciones correctivas que minimicen aún más el ratio de aparición. Nuevamente nos encontramos ante diferentes enfoques a la hora de abordar dichos problemas: desde un enfoque reactivo y reparador hasta un enfoque proactivo y correctivo, con las diferentes combinaciones intermedias.

Como se acaba de decir, en el desarrollo de la tesis hay un propósito identificar los principales problemas conocidos relacionados con la calidad en el sector queso y se elegirán modelos de estudio que se han mostrado como los más relevantes, todos ellos relacionados con aspectos microbiológicos. El queso, como producto biotecnológico es un modelo de gran interés al poseer una combinación de características físicas, químicas y microbiológicas. Por otra parte, al ser un producto que permite una maduración de varios meses e incluso años, permite el estudio de diferentes relaciones ecológicas entre microorganismos a lo largo del tiempo. Dichos tipos de microorganismos pueden estar presentes de manera intencionada o no y dependiente de su número, actividad y momento de aparición pueden desencadenar un problema de calidad de gravedad variable pero en todo caso no deseado (Law, Barry A., Tamime, 2000).

La mayoría de los defectos estudiados en los quesos tienen relación o pueden estar causados por microorganismos (Furtado, 2005). Igualmente, defectos físicos o químicos en el queso tienen incidencia directa en los microorganismos presentes en el queso o pueden cambiar sus condiciones de vulnerabilidad ante otros microorganismos como se ha demostrado en diferentes tipos de alientos que igualmente hacen uso de microorganismos en su elaboración (Wrent *et al.*, 2015). Analizaremos los efectos en ambos sentidos con el objetivo de establecer pautas generales que permitan bien la prevención bien el control.

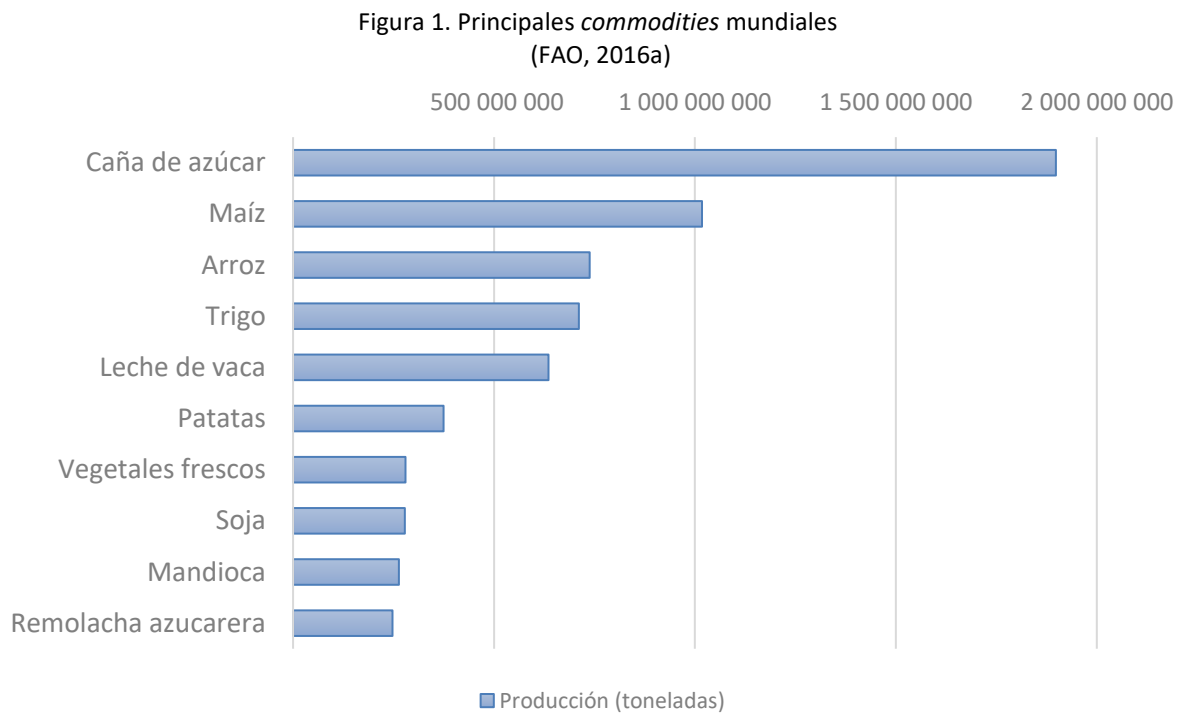
Como se ha comentado, los defectos más importantes y que generan más pérdidas económicas al sector quesero están relacionados con las bacterias en su contexto más amplio, con los mohos y con las levaduras. En este trabajo nos centraremos en las alteraciones causadas por estos dos últimos grupos de microorganismos eucarióticos.

Dado que este estudio está centrado en la elaboración de queso y se pretende desarrollar a través de la interacción constante entre los aspectos industriales, tecnológicos y científicos, parece conveniente iniciar el análisis del estado de la cuestión con unas breves revisiones de los marcos en que se desenvuelve la industria quesera en cada uno de estos ámbitos. Somos conscientes de que se trata de ámbitos de una complejidad cada vez mayor pero también con creciente interdependencia que los hace difíciles de comprender y aún más de controlar. En todo caso entendemos que es necesario conocer los motivos por los que se hace imprescindible tener un mayor control de los procesos productivos.

I.1.1. El sector lácteo

El sector lácteo en el mundo

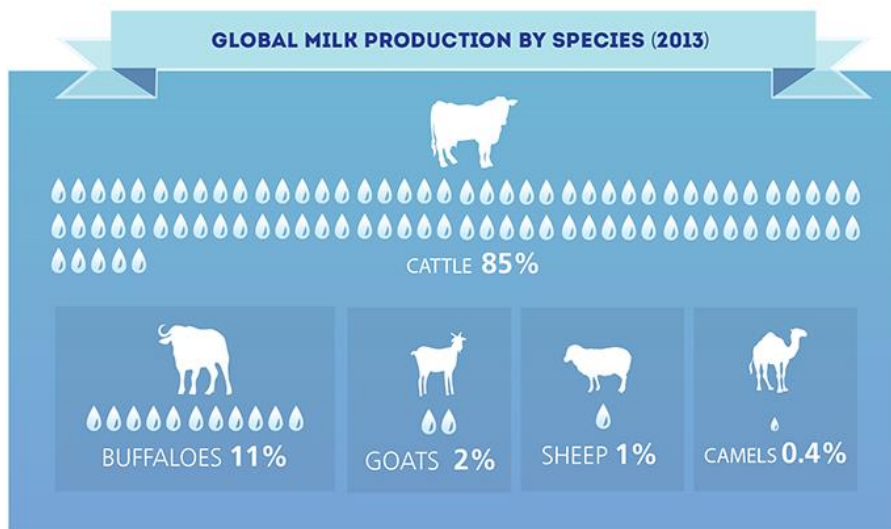
A nivel mundial la leche de vaca ostenta el 5º puesto en el ranking de *commodities* (FAO, 2016a).



El mayor productor mundial de leche es India (136 millones de toneladas, con el 18 % de la producción mundial), seguido de Estados Unidos (91 Mt, 12 %) y China (40 Mt, 5 %) (FAO, 2016a). España produjo en 2013 7,5 Mt. Si agrupamos las producciones de los países de la Unión Europea (UE28) podríamos considerar a la UE como el mayor productor a nivel mundial (FAO, 2016b)

En términos generales cuando nos referimos a leche se entiende implícitamente leche de vaca dado que es la especie mayoritaria a nivel mundial, existiendo además consumo de leche y de productos derivados provenientes de animales de otras especies como leche de búfala, cabra, oveja y camella. En términos de fabricación de queso el término leche lleva implícito como origen la vaca salvo que se explicita otra especie (Real Decreto 1113/2006, 2006).

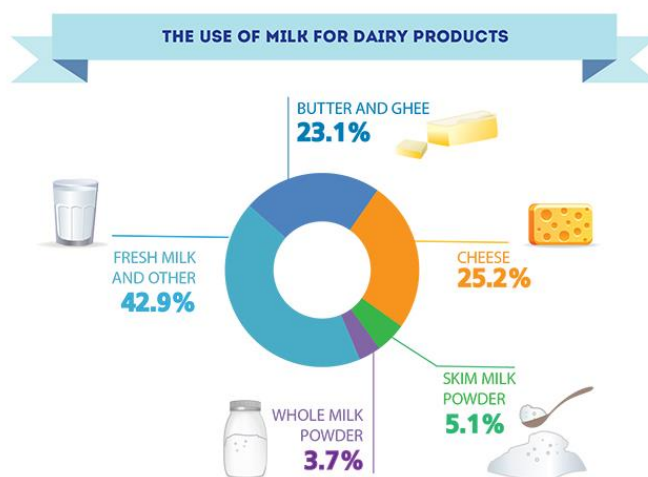
Figura 2. Producción mundial por especies
 Extracto infografía (FAO, 2015) ©FAO 2015



Como hemos comentado el primer productor mundial de leche en conjunto de todas las especies en India. Por especies los mayores productores son: (FAO, 2016a) Estados Unidos para la leche de vaca con 90 Millones de toneladas, India para leche de búfala con 66 Mt, India para la leche de cabra con 5 Mt, China para la leche de oveja con 1.6 Mt y Somalia para la leche de camella con 1 Mt.

El uso de la leche a nivel mundial se destina mayoritariamente a su consumo directo y a su consumo transformado en forma de queso, mantequilla y leche en polvo (tanto entera como desnatada).

Figura 3. Empleo de la leche en productos lácteos
 Extracto infografía (FAO, 2015) ©FAO 2015



Como vemos el principal producto derivado de la leche a nivel mundial es el queso (25.2 %). El 87 % de la producción mundial de queso se reparte entre Europa (57 %) y las dos Américas (30 %) siendo el principal fabricante Estados Unidos con algo más de 5 Mt (España 226 000 t) (FAO, 2016a)

Con respecto a la fabricación de queso a partir de leche de vaca, las cifras relativas de países productores no varían con respecto a los datos totales de fabricación de queso. Sobre los mayores productores de queso a partir de otros tipos de leche (FAO, 2016a): cabra: Sudan con 110 000 t (España 38.000 t); oveja: Grecia 125 000 t (España 62 000 t); Búfala: Egipto 265 000 t).

La transformación en queso, mantequilla o leche en polvo son modos de conservar la leche que en su estado líquido sería percedera en corto plazo de tiempo y permite además su transporte de manera más eficiente al contener, dichos productos derivados, muy bajo contenido en agua. El comercio mundial de productos lácteos es liderado por la leche en polvo tanto entera como desnatada seguida del queso y la mantequilla. (FAO, 2016b)

Los flujos físicos de dichos productos van desde Estados Unidos, Nueva Zelanda, Argentina y Europa hacia Rusia, China, Méjico, Arabia Saudí, Egipto y Argelia.

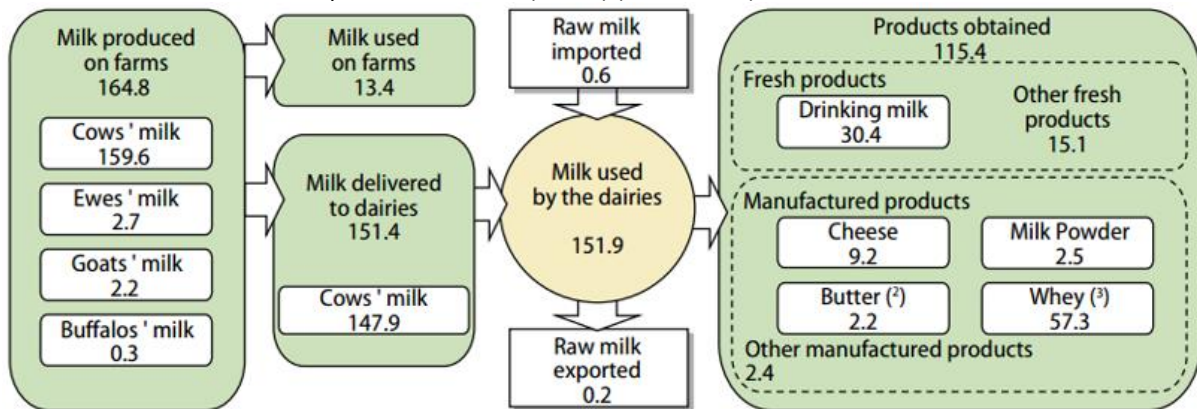
El sector lácteo en Europa

El sector lácteo representa en la UE aproximadamente el 18 % de toda la producción agraria con 165 millones de toneladas de leche en 2014 (Forti and Hemrard, 2016). El 96.8 % de la leche es leche de vaca, siendo el 3.2 % restante de oveja, cabra y búfala. El sector aumenta aproximadamente a ritmo de 1.7 millones de toneladas por año aunque con la reciente liberación de las cuotas lácteas por países se prevén cambios significativos. España es el 7º país productor de toda la UE con una producción nacional de 7.8 millones de toneladas de leche (86 % + 14 % oveja y cabra).

Alemania y Francia son los dos grandes productores de leche en Europa sumando juntos casi el 40 % de la producción total. Grecia es el único país que recoge más leche de otros animales (0.67 millones de toneladas) que leche de vaca (0.62 millones de toneladas) y España es el país que más leche de otros animales recoge en términos absolutos (1.12 millones de toneladas, un 14 % de total nacional) (Comisión Europea, 2015)

La leche entregada a las empresas lácteas es convertida en productos frescos y manufacturados: leche de consumo, queso, leche en polvo, mantequilla y suero lácteo.

Figura 4. Flujo de la leche en Europa EU-28
 Datos de 2014, desde la producción hasta la transformación en
 productos lácteos (en Mt) (FAO, 2016a) ©FAO2016



La producción de queso está liderada por Francia y Alemania con 1.9 Mt seguida de Italia (1.2 Mt), Países Bajos (0.77 Mt), Polonia (0.74 Mt) y España en 6º lugar con 0.39 Mt).

Económicamente el sector lácteo aporta una balanza comercial positiva de 10 000 millones de € (European Dairy Association, 2016) al ser una potencia láctea exportadora. Los activos europeos son más de 700 000 granjas lácteas a lo largo del territorio europeo y más de 12 000 plantas productivas que generan más de 300 000 empleos directos.

El sector lácteo en España

En España el sector alimentario representa ya el primer sector del país aportando al PIB 93 000 millones de € (22 % de PIB industrial) que representa el 2.7 % del PIB nacional (FIAB, 2015). El subsector lácteo representa el 9 % del total de alimentación y bebidas con 8500 millones de € y aportando 34 000 empleos directos (FIAB). Los lácteos representan el 4º grupo por importancia en el peso del gasto realizado en alimentación dentro del hogar por detrás de carne, pescado y frutas (MAGRAMA, 2015).

Con una cifra de negocio de 105 000 millones de €, España ocupa el cuarto puesto dentro de la industria europea en cuanto a la producción de alimentos y bebidas por detrás de Alemania, Francia e Italia.

El sector lácteo es un sector estratégico para España por su relevancia económica y su contribución al desarrollo y a la fijación de la población rural, además de por el desarrollo de sistemas de aseguramiento de la calidad y la trazabilidad. La cadena de producción y transformación del sector lácteo genera en España más de 12 700 millones de euros al año y da empleo a unas 60 000 personas.

La mayor parte de la leche producida en España es de origen vacuno. En la campaña 2014/2015 los ganaderos españoles de leche de vaca entregaron 6.5 millones de toneladas, lo que representa el 89.75 % del total de leche producida en España y supone un incremento del 3.1 % con respecto a la campaña anterior.

El 5.5 % del total de leche producida es de origen ovino, con 400 000 toneladas, y el 4.75 %, caprino, con 350 000 toneladas. Pese a sus discretos porcentajes en España, las leches de origen ovino y caprino tienen un peso muy relevante con respecto al total de producción europea siendo actualmente España el primer productor europeo de leche de oveja y cabra (Inlac, 2017).

Figura 5. Producción de leche en España: vaca, oveja y cabra (Inlac, 2017) ©InLac

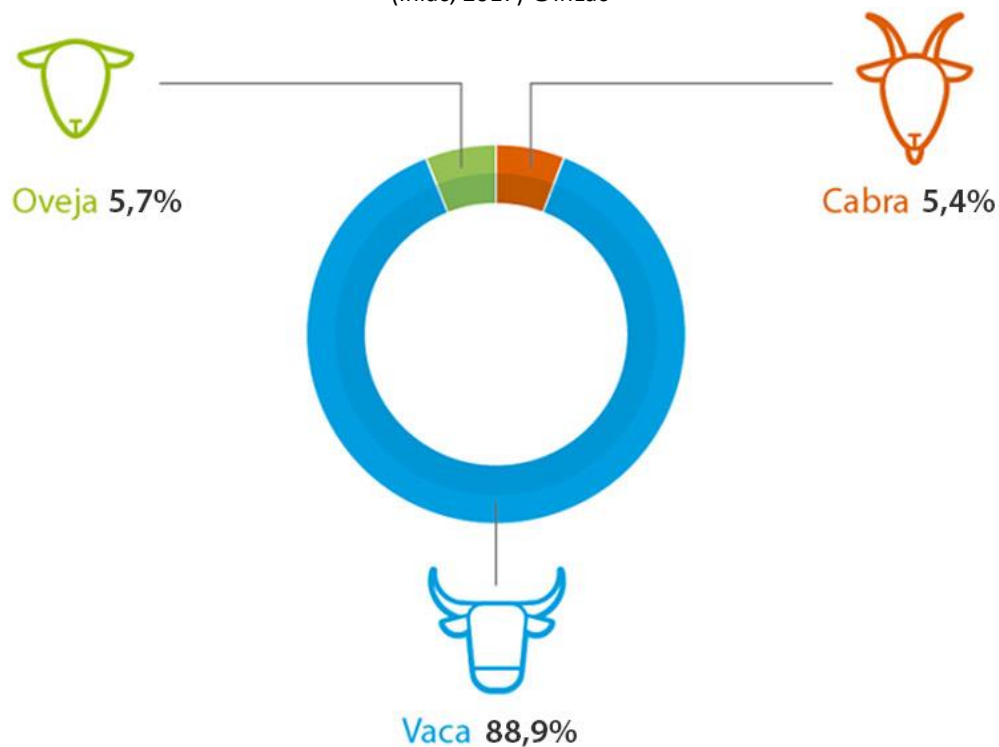
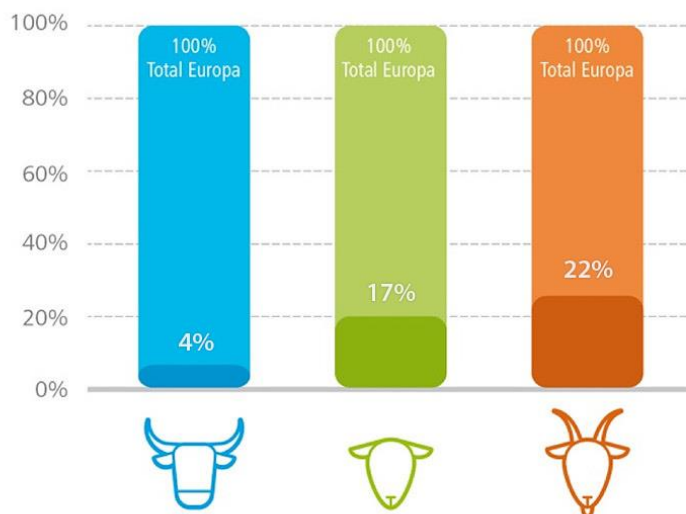
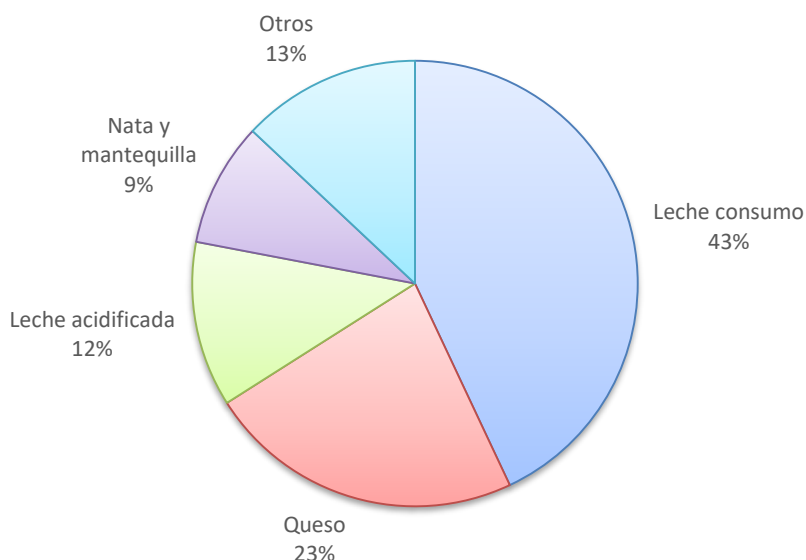


Figura 6. Producción de leche de España en Europa (Inlac, 2017) ©InLac



En España de los 7.5 millones de toneladas de leche recogidas se dedica al consumo directo el 43 % principalmente en forma de leche UHT en su diferentes opciones de entera (29 %), semidesnatada (44 %) y desnatada (28 %) (FeNIL, 2015).

Figura 7. Productos obtenidos en España a partir de los diferentes tipos de leche (FeNIL, 2015)



Como recordábamos el conjunto de la industria europea tiene un saldo positivo en la balanza comercial, en concreto el subsector lácteo ronda los 10 000 millones de € a favor. Este hecho es claramente diferente en España donde el sector lácteo tiene un balance negativo de 1160 millones de € (MAGRAMA, 2016), si bien es cierto que la tendencia es a la baja y en la

comparativa 2015-2016 se ha reducido en un 22 % la diferencia. Los flujos físicos de producto tanto de las exportaciones como de las importaciones están bien definidos (MAGRAMA, 2016). Los productos lácteos que España exporta tienen como destino prioritario Portugal, Francia e Italia. España además exporta a otros muchos países sin embargo el volumen de negocio con ellos no es significativo (excepto Estados Unidos y Alemania) por lo que una oportunidad sectorial es el aumento de volumen en dichos destinos. El origen de los productos que importamos es principalmente Francia, Alemania e Italia y además en cantidades muy superiores a las que España es capaz de exportar. El sector lácteo tiene por tanto un reto importante en la exportación de sus productos. En un reciente estudio de FIAB (FIAB, 2015) los retos y oportunidades para el sector agroalimentario se encontraban en países y zonas geográficas como China incluido Hong-Kong, sudeste asiático, Estados Unidos, Reino Unido y Japón además de las dos Américas, Rusia y el norte de África.

I.1.2. Marco Tecnológico

La leche

La leche es la secreción de la glándula mamaria de las hembras de los mamíferos que constituye un alimento completo y complejo para las crías en las primeras etapas de su crecimiento. Los componentes principales de la leche son agua, proteínas, grasa y lactosa junto con los micronutrientes como minerales, vitaminas, aminoácidos libres, etc. La materia grasa se encuentra en forma de emulsión aceite/agua, las proteínas se encuentran en una solución coloidal o en suspensión y la lactosa y los minerales están realmente disueltos. Estos diferentes estados físicos vienen determinados por el tamaño de partículas y serán claves en la comprensión de los cambios físicos y químicos que ocurren durante la fabricación de queso.

Tabla 1. Composición de la leche (g/100g) de diferentes especies
Basado en (Dairy Processing Handbook ©Tetra Pak, 2017)

Especie	Agua	Grasa	Caseína	Lactosa	Cenizas	Proteínas de suero
Vaca	87.3	4.4	2.8	4.6	0.7	0.6
Búfala	82.2	7.8	3.2	4.9	0.8	0.6
Oveja	82.0	7.6	3.9	4.8	0.9	0.7
Cabra	86.7	4.5	2.6	4.4	0.8	0.6
Mujer	87.1	4.6	0.4	6.8	0.2	0.7

Debido a que la leche de vaca es la más extendida y con mayor producción mundial siempre que hablemos de características generales estaremos haciendo referencia a leche de vaca como leche modelo o de referencia.

Tabla 2. Principales propiedades físicas de la leche

Parámetro	Unidades	Mínimo	Estándar	Máximo
Densidad 20 °C	g/cm ³	1.028	1.031	1.035
Extracto seco total	g/100 g	12.5	12.7	13
pH	Unid. pH	6.6	6.7	6.8
Punto crioscópico	°C	-0.51	-0.53	-0.565
Punto de ebullición	°C		100.17	
Potencial redox	voltio		0.13	
Índice de refracción 20 °C			1.338	
Calor específico	cal/g·K	0.93	0.94	0.95
Tensión superficial 15 °C	dina/cm	47	50	53
Viscosidad 20 °C	cP		2.2	
Conductividad eléctrica 25 °C	ohm/cm	0.004		0.0005

Factores tecnológicos de la fabricación de queso

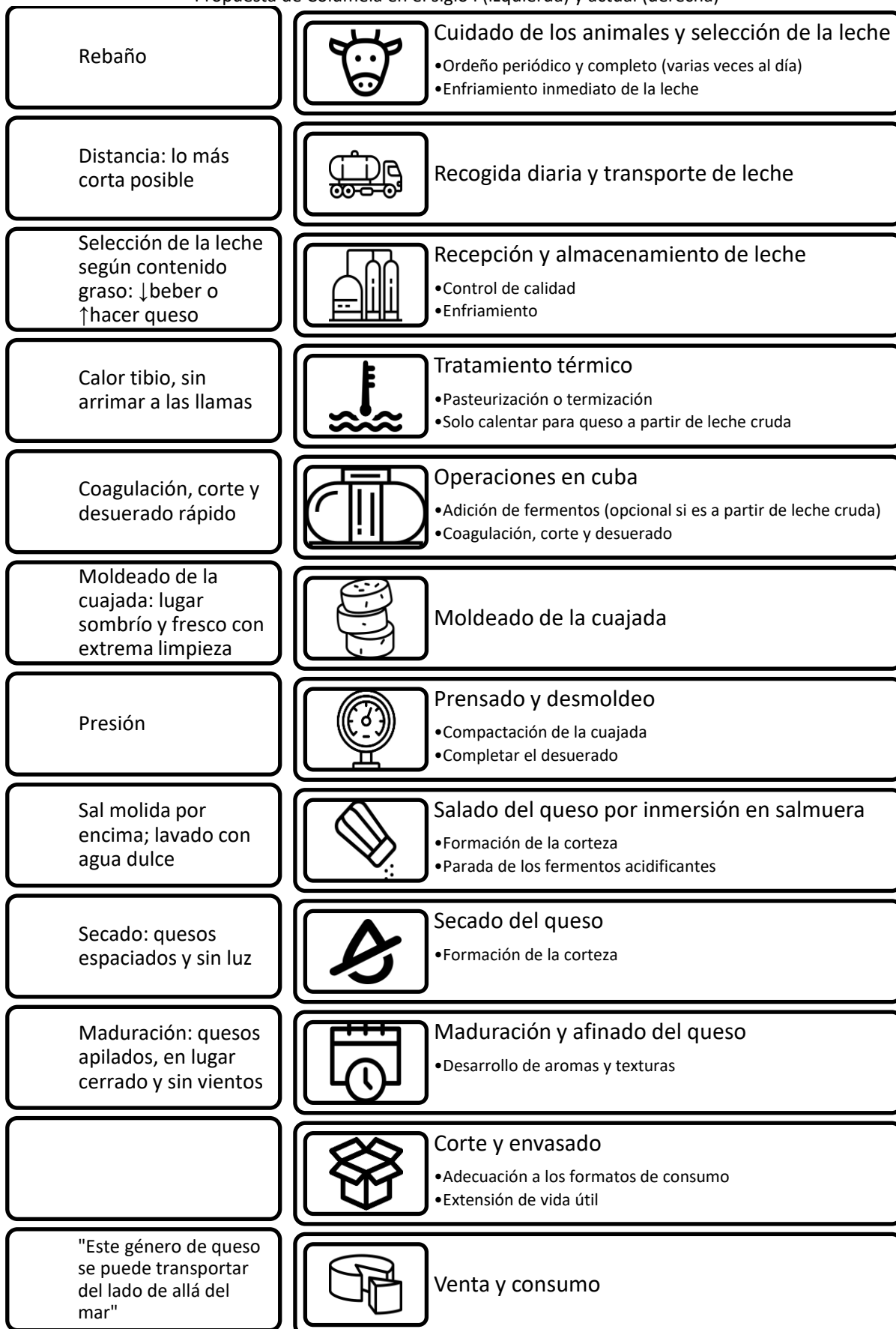
Podemos describir de manera muy general el queso como leche coagulada con posterior desuerado en mayor o menor medida y sometido a una maduración o afinado ulterior que le confiere a la pasta unas características propias de textura, aroma y sabor, y todo ello acompañado por el crecimiento de un grupo variado y numeroso de microorganismos. En términos generales y para los quesos objetos de este estudio podemos indicar que cada 10 litros de leche se obtendrá aproximadamente 1 kilogramo de queso y 9 litros de suero.

La elaboración de queso en sí mismo es un concepto sencillo que engloba complejas interacciones de carácter físico, químico y microbiológico (Law, Barry A., Tamime, 2000). En su esencia la fabricación de queso es un proceso de concentración a través de la coagulación de las caseínas presentes en la leche; este proceso se complementa con la actividad de microorganismos que le dan el carácter de “alimento vivo” al producir mediante su metabolismo las transformaciones que dotarán de características diferenciales a cada tipo de queso. Las características físicas y reológicas del queso están dirigidas por la interacción entre las moléculas de caseína (Johnson and Lucey, 2006). Los factores que influyen en dicha

interacción son el pH, la disolución de fosfato cálcico coloidal, la proteólisis, la temperatura y la composición del queso (el contenido en caseína y la distribución del agua y la materia grasa). Existen infinidad de tipos de queso en función de los diferentes tipos de leche, diferentes tratamientos, diferencias en los parámetros de fabricación y maduración sin embargo podemos presentar un modelo ilustrativo general de la elaboración de un queso “tipo”.

La leche es calentada y preparada en la “cuba” donde se produce la adición de coagulante y el cultivo iniciador. A continuación la cuajada se corta, se produce el desuerado y la agitación. Los granos de cuajada se introducen en un molde que es sometido a presión: se da forma al queso y se elimina el resto del suero. Seguidamente cada pieza de queso se extrae del molde y se introduce en la salmuera donde se enfría la pasta y se produce el salado. Posteriormente los quesos son secados, madurados y/o conservados antes de su envasado y venta.

Figura 8. Diagrama de flujo estándar de elaboración de queso.
Propuesta de Columela en el siglo I (izquierda) y actual (derecha)



- a) Selección de la leche: cada tipo de queso requiere de un tipo de leche específico. En términos generales de calidad, independientemente del tipo de queso, la uniformidad de la materia prima debe estar asegurada para producir mediante un proceso estandarizado un queso con calidades y características uniformes. Sin embargo la leche de recogida diaria no siempre presenta las mismas características debido a la climatología, la estación del año, la alimentación de los animales, la especie del ganado, las prácticas de manejo animal, etc. Para obtener un queso uniforme en vez de modificar el proceso lo ideal es hacer uniforme la leche. Los indicadores clave son la relación de caseínas sobre materia grasa, grasa sobre extracto seco total y grasa sobre extracto seco magro. El rendimiento expresado como litros de leche necesarios para elaborar un kilogramo de queso viene determinado en gran parte por la cantidad de caseína y grasa. Aproximadamente el 90 % del extracto seco total de un queso es caseína y materia grasa, siendo el 10 % restante lactosa, ácido láctico, minerales, sal y una pequeña porción de proteínas séricas.
- b) Tratamiento térmico de la leche: el calentamiento de la leche a temperaturas de pasteurización (72 °C – 15 s) se debe a criterios de seguridad alimentaria. La leche es potencial portadora de microorganismos patógenos y la mayoría de los países establecen esta etapa como obligatoria. En la Unión Europea está permitida la elaboración de queso a partir de leche cruda siempre que las ganaderías cumplan ciertos requisitos o bien que los quesos hayan sido madurados por un mínimo de 60 días (Comisión Europea, 2004b), siendo en este caso obligatorio el etiquetado de advertencia “elaborado a partir de leche cruda”. En todo caso la leche para la elaboración de queso es calentada entre 30 – 37 °C para las operaciones en cuba.
- c) Adición de cultivos iniciadores o *starters*: son los diferentes grupos de bacterias lácticas empleadas en quesería y además se incluye a cualquier bacteria que deliberadamente se hayan añadido a la leche para modificar el aroma, sabor o textura del queso (como pueden ser las bacterias productoras de gas). El metabolismo de los *starters* produce principalmente ácido láctico que provoca un descenso del pH, lo que incrementa la acción del coagulante, aumenta la sinéresis (salida de suero del grano de cuajada), inhibe el crecimiento de algunos patógenos y además conlleva la disolución del fosfato cálcico coloidal de las caseínas.

Las bacterias lácticas empleadas son diversas, ver Tabla 3, si bien tienen características comunes: fermentan azúcar con producción principal de ácido láctico, son gram positivas, son catalasa negativas y son heterótrofas. Las bacterias lácticas mesófilas pueden ser agrupadas según sus características; así se hablará de fermento tipo “O” cuando se emplee *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* y *Lactococcus lactis* spp. *lactis* bien juntos o por separado; de tipo “L” cuando además de los anteriores se emplee conjuntamente *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*; de tipo “D” cuando se emplee *Lactococcus lactis* spp. *lactis* biovar. *diacetylactis* junto con los tipo “O”; y de tipo “LD” cuando se usan conjuntamente los tres tipos anteriores (Lourenço Neto, 2013). Los *starters* tipo “O” tienen como principal función tecnológica la acidificación produciendo ácido láctico a partir los azúcares; los tipo “L” y “D” tienen una función aromatizante y texturizante con producción de ácido acético y etanol en el caso de *Leuconostoc* sp. y de diacetilo en el caso del tipo “D”. En ambos casos tienen capacidad de producir CO₂. Además de la acidificación se liberan sistemas enzimáticos que promueven la maduración y afinado del queso en etapas posteriores lo que conllevará cambios en la textura y conferirán el aroma característico de cada tipo de queso.

Tabla 3. Tipos de bacterias lácticas y principales características de interés.
Elaboración propia a partir de (Law, Barry A., Tamime, 2000; Lourenço Neto, 2013)
O, L, D, LD: agrupaciones de bacterias

Nombre	O	L	D	LD	Tipo de	Tipo	T ^o óptima crecimiento (°C)
					fermentación		
<i>Lactococcus lactis</i> spp. <i>cremoris</i>	✓	✓	✓	✓	Homo	Mesófilo	30
<i>Lactococcus lactis</i> spp. <i>lactis</i>	✓	✓	✓	✓	Homo	Mesófilo	31
<i>Lactococcus lactis</i> spp. <i>lactis</i> biovar. <i>diacetylactis</i>			✓	✓	Homo	Mesófilo	32
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>cremoris</i>		✓		✓	Hetero	Mesófilo	24
<i>Lactobacillus casei</i>					Homo	Mesófilo	33
<i>Streptococcus salivarius</i> spp. <i>thermophilus</i>					Homo	Termófilo	41
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> spp. <i>bulgaricus</i>					Homo	Termófilo	44
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> spp. <i>lactis</i>					Homo	Termófilo	41
<i>Lactobacillus herveticus</i>					Homo	Termófilo	44

- d) Coagulación y corte: la adición del cuajo se realiza en la cuba; la agitación, que ha permitido distribuir el *starter* y airear la leche se mantiene durante un tiempo en

torno a 20 - 40 minutos, se detiene una vez que la enzima coagulante se ha añadido y distribuido de modo que pueda actuar sobre las caseínas. La acción coagulante puede ser por enzimas, por acidificación o por una combinación de acidificación y calor según los diferentes tipos de quesos. Lo habitual en los quesos objeto de esta investigación ha sido emplear cuajo enzimático y cuajo microbiano que contienen quimosina y pepsina: en la fase 1 de la coagulación la quimosina actúa sobre las uniones Phe(105)-Met(106) de los glicomacropéptidos de k-caseína de la superficie de las micelas. Dicha ruptura desestabiliza a las micelas al dejar al descubierto la para-k-caseína que es hidrofóbica. Comienza entonces la fase 2 de la coagulación en la que las micelas se agregan creando una red tridimensional que atrapa literalmente a los glóbulos grasos, a parte del suero y parte de la microbiota *starter*.

Figura 9. Inicio de corte de la cuajada.



Tras el corte de la cuajada el suero escapa de las caras de corte del grano por un efecto de contracción de la matriz proteica. El grano de cuajada desarrolla una piel con alta densidad de micelas de caseína debido a la pérdida de suero y grasa de la superficie del grano.

- e) Agitación, calentamiento y sinéresis: una vez cortada la cuajada, los granos son agitados. La acidificación continúa durante esta etapa. La combinación de calor,

agitación y aumento de la acidez influye sobre la disolución del fosfato cálcico y sobre la red de caseína que se reordena provocando la sinéresis (salida de suero del grano).

- f) Desuerado y moldeado: los granos de cuajada son separados del suero previo al moldeado. El desuerado suele llevarse a cabo en varias etapas: directamente en la cuba y posteriormente en la moldeadora. El moldeado posterior consiste en introducir la pasta en unos moldes microperforados que permitan liberar suero en la etapa de prensado.
- g) Prensado: esta etapa permite dar al queso la forma deseada, además se fuerza al suero a salir de la cuajada y finalmente los granos de cuajada se unen con mayor rapidez.
- h) Salado: las tres formas clásicas de salado son mediante adición de sal en cuba, adición de sal sobre el queso en la etapa de maduración o mediante inmersión de los quesos después de la etapa de prensado en salmueras. Esta última técnica es la que aplica a los quesos objetos de este estudio. Las salmueras son soluciones saturadas de sal donde la temperatura, el pH, el contenido en calcio son claves para el proceso de enfriamiento del queso y difusión de la sal dentro del mismo.
- i) Maduración y afinado: la maduración se realiza bajo condiciones de oscuridad y temperatura y humedad controladas. Durante esta etapa los microorganismos presentes en la cuajada y la superficie del queso desarrollan los aromas, sabores, textura y apariencia característica del queso en cuestión.

Alertas alimentarias

El análisis de todas las alertas registradas en el portal RASFF (Comisión Europea, 2017) se presenta a continuación: el periodo analizado ha sido de 2010-2015 con un total de 21 058 registros.

Hemos abordado un análisis del total teniendo en cuenta los diferentes criterios de clasificación; del mismo modo se ha procedido con los registros de lácteos. Finalmente se han comparado los datos para identificar características particulares del sector lácteo que nos permitiera explicar las casuísticas particulares del sector o bien, en caso de dicha información, poder aportar por nuestra parte la propia justificación.

Las notificaciones en general son de 3 categorías: informaciones, avisos de rechazo en frontera y alertas, siendo los rechazos en frontera la mayoría de las mismas representando un 47 % del total de notificaciones, un 33 % representan las informaciones y un 20 % las alertas. En concreto en el sector lácteo estos números cambian siendo mayoritarias las alertas con un 54 % sobre el total de notificaciones, le siguen las informaciones con el 42 % y tan sólo un 4 % de rechazos en frontera.

Estos números no se deben tanto a las características intrínsecas de los lácteos como a su expansión comercial. Europa es una potencia láctea netamente exportadora y con gran consumo interno mientras que otros grandes sectores y otras categorías tienen un alto grado de comercio exterior de importación lo que explica el alto número en general de rechazos en frontera.

Durante el periodo analizado las notificaciones por lácteos suman 385 lo que representa el 1.8 % del total. Si nos centramos en las alertas, el total de alertas en el periodo analizado es de 4171 (20 % sobre el total de notificaciones) de las cuales 209 son de lácteos (5.0 % del total general y un 54 % sobre las notificaciones de lácteos). Por tanto, si bien la categoría de lácteos no tiene un gran peso sobre el total de alertas (nº 13 en el ranking), en general las notificaciones de lácteos generan más alertas que el promedio (nº 9 en el ranking).

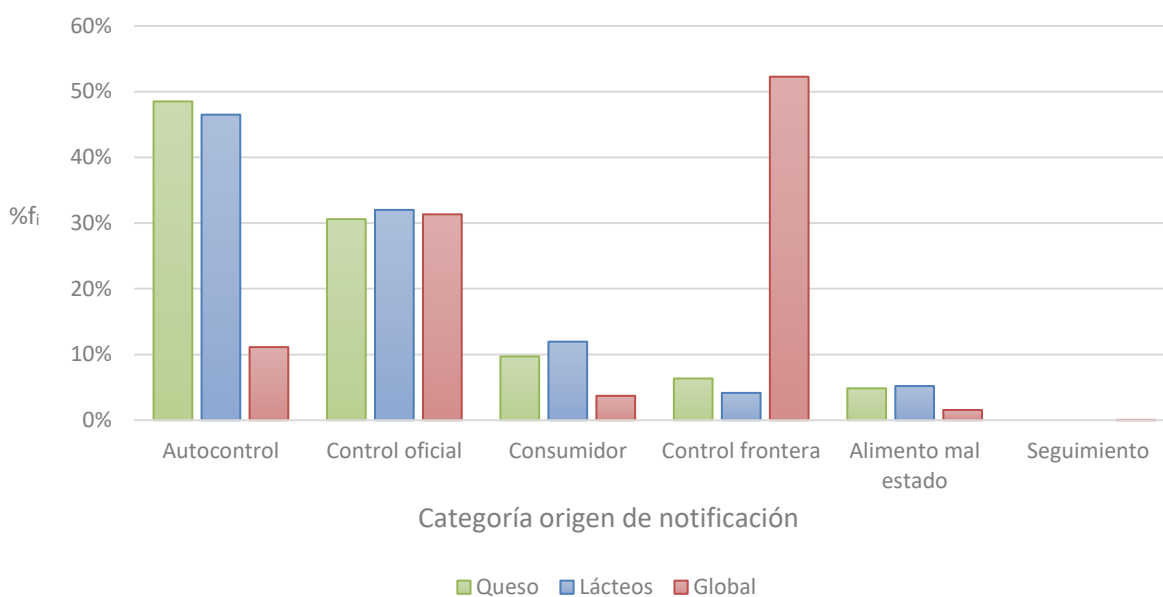
Las categorías que representan mayor número de alertas son productos de la pesca, productos cárnicos y frutas y verduras que representan el 41 % de las alertas mientras que el resto se reparte entre las otras 30 categorías.

Si analizamos la serie histórica se observa un repunte en 2014 y 2015 sobre el número de alertas generadas en el total pasando de 575 alertas/año en el periodo 2010-2013 a 737 alertas/año en 2014-2015. El repunte es más acuciado en el sector lácteo pasando de un promedio de 22 alertas/año en el periodo 2010-2013 a un promedio de 48 alertas/año en 2014-2015. Ambos datos representan sobre el total y sector lácteo un aumento del +28 % y del +118 % respectivamente.

Las notificaciones en el sector lácteo generan más alertas en términos relativos y además las alertas están aumentando en los últimos años. El primer dato como hemos explicado es debido a las características comerciales del sector y es sostenido mientras que el aumento de alertas sí marca una tendencia a considerar.

Con respecto al origen de las notificaciones la primera fuente en número es el control de frontera seguido del control oficial, y de lejos los autocontroles de la industria y las quejas de los consumidores. Un residual 2 % se debe a casos en los que el alimento efectivamente causó un daño para la salud.

Figura 10. Origen de notificaciones RASFF entre 2010 y 2015
Para cada agrupación de alimento (queso – lácteos – global) %fi de
cada categoría de origen
(Comisión Europea, 2017)



Por su parte el sector lácteo tiene el origen de las notificaciones en los autocontroles internos de la industria y en el control oficial, seguido de lejos por las quejas de los consumidores y siendo residual tanto los daños a la salud como los rechazos en frontera así como producto defectuoso.

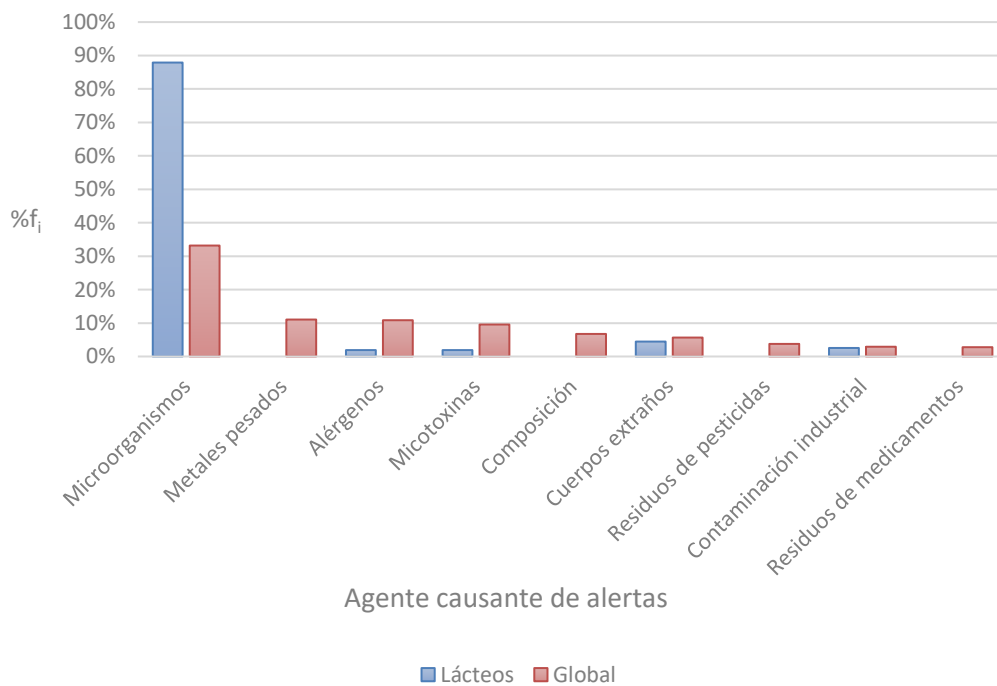
Las acciones tomadas a raíz de las alertas son de diversa índole sumando 27 el tipo de las mismas que durante la serie histórica han sido tomadas por las autoridades o las empresas operadoras. De las 27 acciones posibles 2 constituyen el grueso de actuación tanto en el global general como en el global de la serie histórica para el sector lácteo: retirada de producto del mercado, también llamado *recall*, y bloqueo del producto en la cadena de distribución, también denominado *withdrawal*.

En la serie de datos de 2012 el portal RASFF inició una categorización de las notificaciones para dar relevancia a unas sobre otras. Así en la serie 2013-2015 se han clasificado con “serias” un

55 % de las notificaciones, “no serias” un 35 y han quedado un 15 % sin clasificar. En el sector lácteo los porcentajes respectivamente son 69 %, 22 % y 9 %.

Respecto al agente causal de las alertas cabe destacar que se han identificado 26 categorías para el total de alerta de la serie 2012-2015, lo que indica el amplio abanico de casuísticas que pueden suceder. Atendiendo al peso de cada categoría el líder indiscutible es microorganismos con un 33 %, seguido de metales pesados, alérgenos y micotoxinas. En las alertas del sector lácteo cabe destacar que la categoría microorganismos representa el 88 % de las alertas de la serie histórica analizada. Los datos para el análisis específico de quesos presentan unos números casi idénticos que los del sector lácteo.

Figura 11. Agente causante de alertas RASFF entre 2010 y 2015
Comparativa del sector lácteo con el global por categoría de agente
(Comisión Europea, 2017)

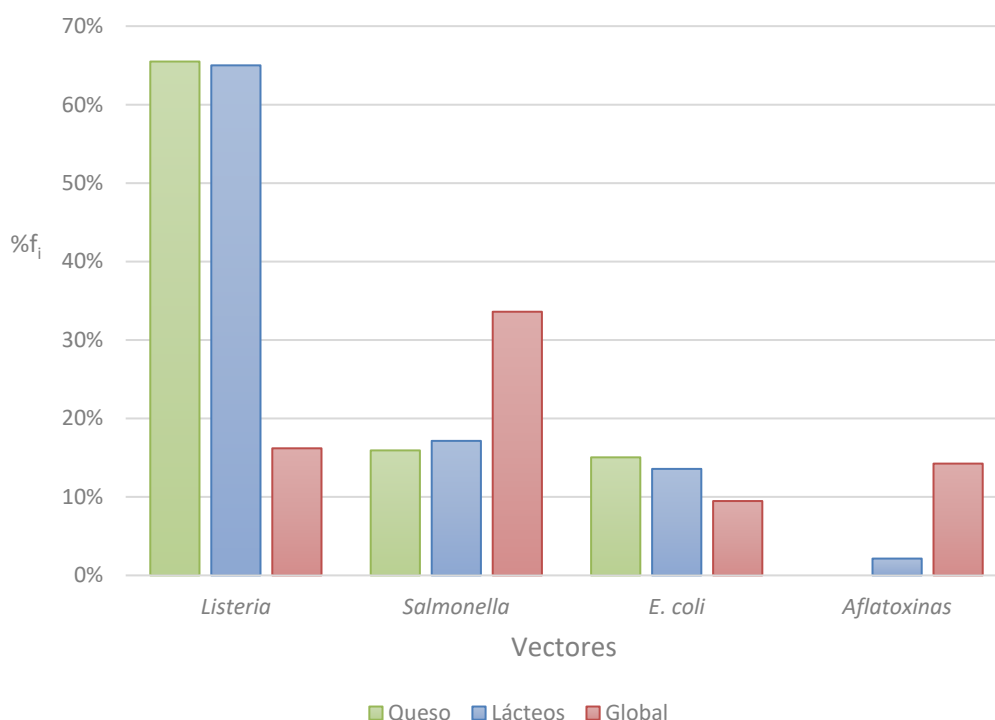


El análisis detallado de las categorías de los agentes arroja unos datos con los que determinaremos los perfiles de los peligros generales y del sector lácteo: En el global general son las aflatoxinas con un 38 % y *Salmonella* con un 34 % los peligros identificados que más notificaciones generan seguido de *Listeria* (7 %), *Escherichia coli* (6 %) y mohos (4 %).

En el detalle del sector lácteo los peligros que más notificaciones generan son *Listeria* (55 %), *E. coli* (14 %), mohos (12 %) y *Salmonella* (12 %).

Respecto a las alertas que se generan en la UE: en el global general *Salmonella* con un 34 % pasa a tomar la primera posición (debido a que las Aflatoxinas normalmente generan rechazos en frontera de mercancías con orígenes en terceros países y por tanto no generan alerta dado que el alimento no ha entrado en circulación dentro de las fronteras de la UE), seguido *Listeria* (16 %), aflatoxinas (14 %) y *E. coli* (9 %). En el global del sector lácteo se da una concentración en *Listeria* (65 %), *Salmonella* (17 %) y *E. coli* (14 %).

Figura 12. Vectores de las alertas generadas por RASFF entre 2010 y 2015
 Para cada agrupación de alimento (queso – lácteos – global) %_i de
 cada vector
 (Comisión Europea, 2017)



El perfil general de una alerta RASFF durante el periodo analizado sería un alimento rechazado en frontera a raíz de un control de inspección fronterizo categorizado como serio, en el que podrían estar involucrados diferentes microorganismos o micotoxinas.

Por el contrario el perfil de alerta RASFF para el sector lácteo sería un alimento que genera una alerta a raíz de un autocontrol por parte de la industria y que conlleva un bloqueo o retirada de la mercancía; la notificación es categorizada como seria y estaría vinculada con una probabilidad del 96 % a un microorganismo: bien *Listeria*, *Salmonella* o *E. coli*.

Centrándonos en los quesos, representan el 61 % de las notificaciones del sector lácteo y el 74 % de las alertas por lo que el perfil es similar al descrito previamente para el sector lácteo, destacando el aumento de peso de los microorganismos como agentes causales de las alertas y de *Listeria* como microorganismo principal.

A partir de este análisis de los datos de las notificaciones y alertas del portal RASFF podemos definir como principales causantes de los problemas de seguridad alimentaria en quesos a los principales patógenos en un 85 % y a los mohos con un 11 %, siendo *Listeria* el microorganismo principal con dos tercios de los problemas por patógenos junto con *Salmonella* y *E. coli* que representan un 15 % cada uno.

Problemas asociados a la fabricación de queso

En este apartado comentamos los resultados de una revisión completa que se ha realizado sobre los problemas relacionados con la fabricación de queso. Se han revisado publicaciones sobre problemas específicos, sobre problemas en un tipo concreto de queso y se ha realizado un análisis completo sobre 2 libros que estructuran y organizan desde un punto general los problemas conocidos: *Cheese problems solved* (Guinee and McSweeney, 2007) y *Principais problemas dos queijos: causas e prevençao* (Furtado, 2005). La clasificación la hemos establecidos con base a dos grupos de criterios, el primero atendiendo a una clasificación por número de impactos y el segundo siguiendo la categorización clásica de físico, químico y microbiológico.

a) Problemas relacionados con la calidad de la leche:

Como en cualquier proceso, la calidad de las entradas determinará en gran medida el límite superior de calidad de las salidas. La leche, como ingrediente exclusivo de la fabricación de queso, es determinante en los productos obtenidos. Los problemas relacionados con la leche tienen como causa principal los agentes físicos en cuando al número potencial de incidencias: la salud del animal y el tiempo de transcurrido desde el ordeño hasta la elaboración son los 2 puntos que se han identificado como claves.

- La legislación protege frente al uso de la leche de animales enfermos. Los problemas derivados aparecen cuando la enfermedad no es evidente como el caso de mamitis y en los casos en los que una vez el animal se ha

recuperado quedan residuos en la leche de los medicamentos empleados en el tratamiento del animal. La leche de animales con mamitis presenta deficiencias que se transmiten al proceso de elaboración y la calidad del queso: variación en los tiempos estándar de coagulación, disminución de la actividad de los fermentos, cuajadas menos firmes y menor sinéresis del grano en cuba así como pérdidas de rendimiento por aumento de mermas de proteínas en el suero. La presencia de antibióticos en la leche es un grave problema para la elaboración de quesos: este punto está estrictamente regulado a nivel mundial y estrechamente vigilado por los centros lácteos y ganaderos. Los problemas principales son la baja o nula actividad de los fermentos en cuba, la baja o nula maduración del queso (lo que da lugar a los llamados quesos muertos), una coagulación deficiente de la leche y problemas con el desuero del grano.

- El segundo aspecto clave es el tiempo que transcurre desde el ordeño hasta la elaboración. En la leche se producen cambios físicos químicos relacionados con la solubilidad del fosfato cálcico coloidal y con la inestabilidad de las micelas de caseína. Además, y como consecuencia principal de largos tiempos de almacenamiento de la leche, el crecimiento de microorganismos puede degradar los componentes de la leche por la actividad propia de su metabolismo. El crecimiento de bacilos puede ocasionar la acidez y desestabilización de la leche en pocas horas por lo que es práctica habitual refrigerar la leche inmediatamente después del ordeño. En estas condiciones la flora psicrotrofa se desarrolla con la liberación de lipasas que hidrolizan la grasa y proteasas que degradan parcialmente las β y κ -caseína.

b) Defectos relacionados con problemas de fermentación:

En estos defectos la acción o inacción de los microorganismos es la clave. Las principales causas son

- Contaminación por bacilos (propiónicos, butíricos y otros bacilos) con consecuencias como alteraciones de textura, sabor y aroma, hinchamiento y grietas, cambio en el comportamiento del producto en el proceso tecnológico (no madura, no desuera, pH no baja, ...).

Figura 13. Queso con grieta característica de crecimiento de bacilos generadores de esporas termorresistentes.



Figura 14. Queso con evidente signo de hinchazón tardía posiblemente por crecimiento de *Clostridium tyrobutiricum*



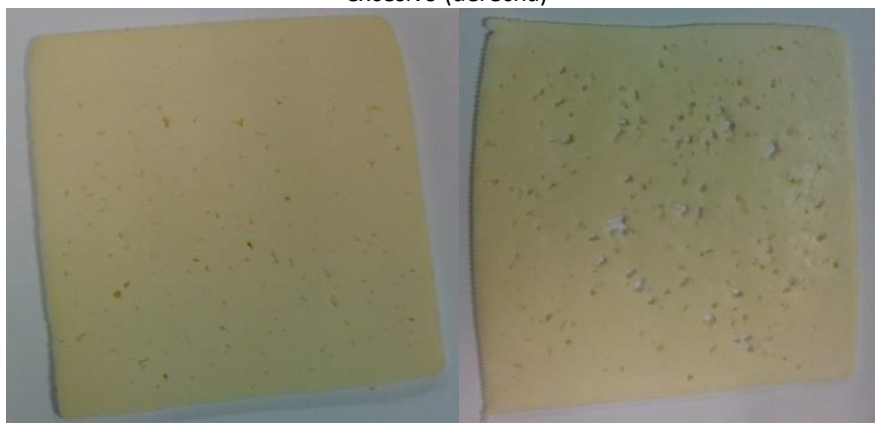
- Contaminación por coliformes: generan hinchamiento de los quesos en etapas inmediatamente posteriores a la elaboración con la alta producción de gas.
- Bacteriófagos: interfieren en el crecimiento de los cultivos no permitiendo la correcta acidificación.
- Contaminación por levaduras que conlleva cambios de sabor y aroma y el hinchado de los envases y de los quesos envasados.

Figura 15. Envase de tecnología de vacío con presencia de gas.



- Descontrol de la “flora aromática”: generación excesiva de CO₂.

Figura 16. Queso con ojos normales (izquierda) y con tamaño excesivo (derecha)



Atendiendo a los síntomas y efectos que se producen en los quesos:

c) Alteraciones organolépticas:

Según el tipo de queso puede suceder que un atributo sea un defecto en un tipo de queso mientras que el mismo grado del atributo es un punto a valorar en otro tipo de queso. El alcance de este trabajo, como ya se ha comentado, son los quesos de coagulación enzimática, de pasta prensada no cocida y salado por inmersión en salmuera en general y en particular los fabricados en España. Su análisis sensorial sigue los patrones básicos con la fase visual, táctil, olfativa y gustativa (Rodríguez Ruiz *et al.*, 2016).

Se presentan como defectos de sabor, aroma, textura, mancha y decoloraciones. Si bien cada consumidor tiene sus gustos personales, a continuación se detallan algunos puntos que se consideran en términos generales defectos.

- Amargor: principalmente generado por proteólisis y la acumulación de compuestos amargos derivados.
- Anillo o estrías por oxidación de tirosina.
- Bordes de diferentes colores: variación en contenido en humedad y falta o exceso de proteólisis.

Figura 17. Quesos con bordes blancos caracterizados por tener menor contenido en humedad y menor elasticidad



- Cortezas melosas por hidrólisis proteica debido a alta humedad y crecimiento de microorganismos.

Figura 18. Queso son abundante crecimiento de microorganismos exógenos en superficie durante la maduración en cámara



- Grietas en corteza por deshidratación excesiva de la superficie o por desmineralización excesiva de la cuajada.

Figura 19. Queso con baja cohesión de la cuajada: al aplicar una fuerza de tracción los granos de cuajada se separar



- Acidez excesiva
- Cristales de lactato cálcico o tirosina formados por insolubilización. En función de la maduración del queso puede ser considerados como característica a valorar.

Figura 20. Cristales de lactato cálcico en la superficie del queso



- Manchas: por reacciones de Maillard, fermentaciones no homogéneas o generación de pigmentos por microorganismos.

Figura 21. Quesos con diversas coloraciones por crecimiento de microorganismos en la corteza



- Ojos mecánicos excesivos por falta de cohesión del grano o exceso de oquedades entre los mismos.
- Sabores anómalos por putrefacción, oxidación, rancidez.
- Veteado en el interior del queso por perlado del grano

- Separación de grasas por lipolisis o presencia de ácidos grasos con bajo punto de fusión.

Figura 22. Pieza de queso envasada con la corteza deteriorada, acuosa, poco firme y con exudado de grasa debido posiblemente a una humedad excesiva del grano de cuajada unido a una rotura de la cadena de frío



Figura 23. Quesos con crecimiento de moho en superficie

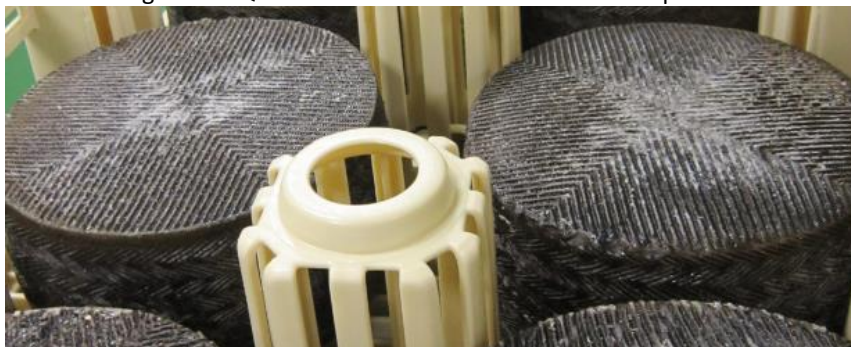


Figura 24. Queso con agrietado de la cuajada por exceso de humedad posiblemente por defecto en el prensado



Figura 25. Queso mal prensado



Figura 26. Queso en el que se evidencian dos colores en la corteza debido a una maduración no homogénea



Como hemos visto el abanico de defectos es amplio y complejo de analizar. Centrando el análisis en la temática central de esta investigación se pasan a detallar los defectos y sus causas en las que el origen es microbiológico.

La Tabla 4 resume las alteraciones microbiológicas más relevantes y frecuentes descritas en la bibliografía.

Tabla 4. Defectos principales detectados en quesos con origen microbiológicos
(Furtado, 2005)

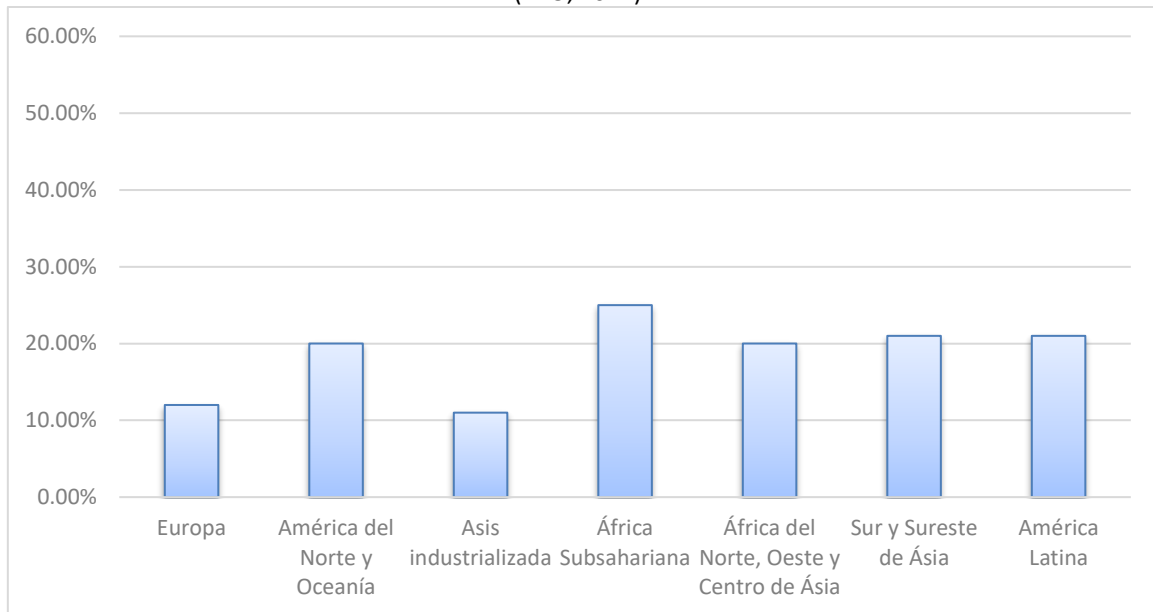
Detalle Defecto/ Síntoma	Mecanismos/ Interacciones	Causa	Agente causante
Alteración de textura	Crecimiento de propiónicos en el queso	Contaminación por bacilos propiónicos	Bacilos
Alteración del sabor	Crecimiento de propiónicos en el queso	Contaminación por bacilos propiónicos	Bacilos
Amargor	Degradación parcial caseínas β y κ ; peptidos de bajo peso molecular	Almacenamiento en frío leche; larga maduración	Psicrotrofos
	Retención de cuajo en la masa (alta acidez en leche)	Proteolisis con acumulación de compuestos amargos	Fermentos lácticos
Cambio de sabor y aroma	Fermentación de lactosa con generación de CO_2	Contaminación por otros bacilos	Bacilos
	Fermentación de lactosa y lactato con generación de $\text{CO}_2 + \text{H}_2$	Contaminación por <i>L. bifementans</i>	Bacilos
	Fermentación de lactosa con generación de CO_2	Contaminación por levaduras	Levaduras
	Contaminación excesiva y crecimiento de levaduras: fermentación de lactosa --> $\text{EtOH} + \text{ác. acético} + \text{CO}_2$ --> acumulación de gas entre queso y envase	Contaminación por levaduras	Levaduras
Envases hinchados			
Hinchamiento y grietas en la masa del queso	Altas concentraciones de esporas butíricas en ensilado: bacilos compiten por la lactosa con los fermentos generando ác. butírico que da sabores anómalos	Contaminación por butíricos	Bacilos
Leche no apta	Consumo de lactosa y generación de ácidos	Acidez	Bacilos
Manchas	Alta humedad relativa en cámaras de afinado	Generación de pigmento	<i>B. linens</i>
	Leche acidificada --> el queso seque mal --> alta %HR	Generación de pigmento	<i>B. linens</i>
	<i>Monilia nigra</i>	Contaminación por microorganismos	Microorganismos
	<i>Oospora aurantiaca</i> y <i>Oospora caseivorans</i>	Contaminación por microorganismos	Putrefacción
	<i>Penicillium casei</i>	Contaminación por microorganismos	Microorganismos
	pH alto por inhibición de la fermentación	Generación de pigmento	<i>B. linens</i>
	Salmueras contaminadas o viejas	Generación de pigmento	<i>B. linens</i>
	<i>Streptococcus faecalis</i>	Contaminación por microorganismos	Microorganismos
Ojos descontrolados	Crecimiento de propiónicos en el queso	Contaminación por bacilos propiónicos	Bacilos
	Fermentación del citrato con producción de CO_2 ; $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{HCO}_3$ --> una vez saturada el agua se acumula CO_2 gas.	Descontrol de la ferm. Aromática	Flora aromática
	Fermentación del citrato con producción de CO_2 ; $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{HCO}_3$ --> una vez saturada el agua se acumula CO_2 gas. El envasado acrecienta el defecto al no poderse liberar CO_2	Descontrol de la ferm. Aromática	Flora aromática
	Los bacilos propiónicos están en el rúmen que pasan a las heces a la leche y al queso	Contaminación por bacilos propiónicos	Bacilos
Presencia de propiónicos en leche			
Putrefacción	<i>Bacillus polymixa</i>	Contaminación por microorganismos	Putrefacción
	<i>Bacillus proteoliticus</i>	Contaminación por microorganismos	Putrefacción
	<i>Clostridium sporogenes</i> y <i>Bacillus putrificus</i>	Contaminación por microorganismos	Putrefacción
	<i>L. plantarum</i> y <i>L. casei</i>	Contaminación por microorganismos	Putrefacción
	<i>Streptococcus faecalis liquefaciens</i>	Contaminación por microorganismos	Putrefacción
	Hidrolizado de la grasa con liberación de ácidos grasos que posteriormente confieren rancidez	Almacenamiento en frío leche; larga maduración	Psicrotrofos
Rancidez			
Viscosidad superficial leche	Crecimiento de <i>Alcaligenes viscolatis</i>	"Baboso"	Psicrotrofos

I.1.3. Marco Social

Pérdidas y desperdicio alimentario

Parte de la producción mundial de alimentos se pierde por ineficiencias en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro (Gustavsson *et al.*, 2011).

Figura 27. Pérdidas de leche y alimentos lácteos por región (FAO, 2012)



Los estudios revelan que si bien existe una gran pérdida de alimentos en general, en el ámbito del sector lácteo la cadena de suministro está bien ajustada. La tecnología empleada y la optimización de los procesos permiten tener pérdidas de menos del 3 % siendo la principal causa de pérdida de lácteos el uso dado por el consumidor. En todo caso, la industria aún tiene un recorrido de mejora que le puede permitir ganar un 3 % que en un sector tan ajustado puede ser clave para el éxito sostenido.

Un 51 % de las empresas transformadoras declaran tener que tirar en algún momento alimentos: en concreto se tira un 7.7 % por diversos motivos (MAPA, 2012).

Tabla 5. Principales causas por las que se retiran los productos de la venta.

Respuesta espontánea y múltiple a la pregunta ¿Cuáles son las causas por las que tiene que retirar esos productos? Elaboración propia con datos de (MAPA, 2012)

Respuesta	Productores	Industria	Mayorista
Se han estropeado	43.9	47.3	73.9
Exceso de producción	20.9	20.6	
Malas cosechas	8.5		
No se vende / el cliente no paga y debemos recoger	7.2	6.0	
Control de calidad / defectos	6.5	2.2	
Estrategias comerciales inadecuadas	6.1	5.2	23.6
Plagas	5.9		
Caducidad	4.2	5.2	
Muerte / enfermedad de animales	3.6		
Precios / precios bajos / competencia en precio	2.6	0.2	
Desperdicios no aprovechables		2.0	
Envases defectuosos		26.0	
No se vende / ha caducado			10.5
Otros	2.2		7.4

A destacar que en la industria de todo el producto no apto el 26 % se debe a problemas de envasado y un 21 % a sobreproducción. En los temas que conciernen a la calidad un 2 % del desperdicio en la industria se debe a productos defectuosos y otro 2 % a producto no aprovechable, lo que podríamos considerar mermas de fabricación.

En el sector industrial existen dos causas principales de desperdicio, siendo la primera de ellas prácticamente inevitable al tratarse de huesos, cáscaras, ciertos órganos animales, etc. La segunda de las mismas se puede deber a fallos técnicos bien sea por sobreproducción, productos defectuosos o daños bien en el producto bien en el envase (Comisión Europea, 2010). Es sin duda esta segunda causa la que afecta directamente con la temática de esta investigación.

En todo caso los datos son aplastantes para el total de la UE: casi 90 millones de toneladas de alimentos elaborados acaban como desperdicio alimentario.

El sector industrial participa con casi el 40 % de dicho desperdicio. Dentro de las causas evitables y por tanto a trabajar se encuentran los defectos en el envasado, los daños en los productos en las operaciones logísticas, los productos rechazados por incumplimiento de

estándares así como los defectos ocasionados por fallos en los equipos y suministros generales.

Tabla 6. Principales causas del desperdicio alimentario por sectores.
(Comisión Europea, 2010)

	Proceso y fabricación	Distribución y mayorista	Retail	Turismo	Escuelas	Hospitales	Hogares
Concienciación				✓	✓	✓	✓
Conocimiento			✓	✓	✓	✓	✓
Actitudes				✓	✓		✓
Preferencias					✓	✓	✓
Tamaños de porción			✓	✓	✓	✓	✓
Planificación				✓	✓	✓	✓
Almacenamiento		✓	✓				✓
Factores socio económicos							✓
Etiquetado			✓	✓	✓		✓
Envasado	✓	✓	✓				✓
Manipulación		✓	✓				
Gestión de stocks		✓	✓				
Logística	✓			✓	✓	✓	
Requisitos de calidad	✓		✓				
Fallos técnicos	✓						

En cifras totales el sector industrial genera un 5 % de desperdicio sobre su producción total. España es el tercer país productor, el quinto en desperdicio relativo y el noveno en tasa per cápita. El desglose por sectores de actividad muestra una gran dispersión de los datos en función de las características propias que están ligadas a las causas no evitables.

Centrándonos en el sector que nos ocupa, el sector lácteo está muy bien posicionado en lo referente a la transformación de productos líquidos (leche, nata, ...) con unas mermas despreciables. La producción de yogurt presenta entre un 2 % y un 6 % de pérdidas mientras que la fabricación de queso ostenta el record de la Tabla 7 con un 90 % de máximo. Los datos presentados indican el % de materia prima que no es convertido en producto final incluyendo tanto las pérdidas en sí mismas como los subproductos que pueden tener un aprovechamiento posterior. Como hemos visto en el marco tecnológico, en el caso de la fabricación de quesos la parte correspondiente al suero lácteo represente entre un 85 % y un

90 % del total de la leche y por lo tanto el dato referido en la tabla haría mención al suero como subproducto; podemos entender a partir de los datos conjuntos que el sector queso tendría pérdidas por procesos al nivel de los industriales de leche líquida, siendo éstas muy pequeñas en relación al promedio de sectores.

Tabla 7. Porcentaje de desperdicio y subproductos generados en diferentes procesos
(Comisión Europea, 2010) a partir de (Fuentes, 2004)

Proceso productivo	% de desperdicio y subproductos
Conservas de pescado	30-65
Conservación de pescado	50-75
Procesado de crustáceos	50-60
Procesado de moluscos	20-50
Sacrificio de vacuno	40-52
Sacrificio de porcino	35
Sacrificio de aves	31-38
Producción de leche, mantequilla y nata	Insignificante
Producción de yogurt	2-6
Producción de queso	85-90
Producción de vino blanco	20-30
Producción de vino tinto	20-30
Producción de zumos	30-50
Procesado de frutas y vegetales	11-71
Producción de aceite vegetal	40-70
Producción de almidón de maíz	41-43
Producción de almidón de patata	80
Producción de almidón de trigo	50
Producción de azúcar de remolacha	86

Por lo tanto las mermas asociadas al sector lácteo deberán ser consecuencia de problemas de fabricación dado que los procesos en sí mismos tienen una pérdida intrínseca muy pequeña. A todo ello se le unirían las pérdidas por defectos de envasado que como hemos visto en la tabla anterior son uno de los puntos con más generación de desperdicio en la industria y son por tanto a considerar.

I.1.4. Sistemas de gestión

Sistemas de gestión de la calidad y los sistemas de producción

En el mundo industrial la Calidad ha evolucionado notablemente desde el concepto artesanal de la época preindustrial. Lo importante en ese contexto era el propio trabajo y la *unicidad* de la pieza fabricada. Posteriormente se identifica la calidad como sinónimo de producción a partir de la revolución industrial en la que la inspección detecta las unidades no conformes. A finales del siglo XIX Taylor (Taylor, 1919) y Ford en la primeras décadas de siglo pasado, introducen un cambio conceptual: la división del trabajo y la cadena de montaje respectivamente. Los esfuerzos se centran en reducir la variabilidad de los bienes producidos. Posteriormente, este paradigma quedó consolidado en la mitad del siglo XX cuando, tras la 1ª Guerra Mundial, se extienden los conceptos keynesianos en la economía de Estados Unidos y Europa. En concreto Occidente basa sus sistemas a partir de entonces en la producción en masa, para cubrir la gran demanda de bienes en la postguerra, y asegura la calidad mediante procedimientos que eviten la producción de bienes defectuosos o bien los detecten; comienza la orientación al control estadístico de procesos introducido por Walter Shewhart y Edward Deming; sucede en este punto un cambio de visión. Si hasta ahora el foco de la calidad era el producto, a partir de este momento el foco pasa al proceso. A partir de la década de los 60 comienza una nueva forma de pensar en la calidad: hasta ahora el foco estaba en el proceso productivo; a partir de este momento se plantea la necesidad de integrar en el control y la mejora a otros departamentos de las empresas; Armand Feigenbaum introduce en 1951 el concepto de Calidad Total. Por otra parte, Japón, con escasez de recursos después de la 2ª Guerra Mundial, sigue los principios de Shewhart, Deming y Juran basando sus fundamentos en “hacer las cosas bien a la primera” y en “hacerlas siempre mejor”. Estas dos perspectivas, la occidental y la japonesa, evolucionarán de forma independiente durante la segunda mitad del siglo XX. La crisis de los 70 provoca un agotamiento del modelo Fordista en occidente y un despertar de un nuevo concepto de calidad que todavía evoluciona en nuestros días (González Martínez, 2003). El modelo japonés se revela más eficiente que modelo occidental. Deming inicia en los 80 un programa de mejora de la industria automovilística estadounidense implantando las técnicas japonesas que años antes fueron descartadas. El éxito del modelo japonés, actualmente extendido a todo el mundo se basaba no sólo en herramientas sino en un cambio cultural, que incluía desde el primer momento a todas las personas de la

organización, la gestión por procesos, el establecimiento de un despliegue completo de objetivos y de un espíritu de mejora continua.

Actualmente existen diferentes enfoques de la Calidad dependiendo de las escuelas de los principales investigadores, que son los “gigantes” de la Calidad, y que han aportado los grandes conceptos desde diferentes puntos de vista. Hay tantos puntos de vista como investigadores que han presentado las bases conceptuales de la Calidad. Podemos citar como ejemplos “satisfacción del cliente” de Edward Deming; “cumplimiento de requisitos” de Philip Crosby; “adecuación al uso” de Josep M. Juran; “estar un paso por delante” de Kaoru Ishikawa; “eliminar la pérdida de valor que se genera a la sociedad” de Genichi Taguchi; “sistema de producción de Toyota *“just in time”* de Taiichi Onho; “satisfacción de la expectativas del cliente” de Armand Feigenbaum; “aprender del error” de Peter Senge; y “optimización de la producción” de Shigeo Shingo, entre otros. Estos puntos de vista son modulados por la cultura geográfica, el sector industrial y el estado de madurez de cada organización concreta. Al igual que el árbol de la vida con sus innumerables especies cohabitando en el planeta, podemos encontrar en el mundo empresarial diferentes sistemas orientados por los diferentes principios por los que ha ido pasado la Calidad en los últimos ciento cincuenta años. Analizando en detalle los sistemas de las organizaciones más exitosas podemos deducir ciertas reglas generales que dan a las empresas ventajas competitivas en sus entornos de actuación e identificar los factores de éxitos a mantener. Estos factores gestionados dentro de los sistemas de excelencia empresarial son transversales y funcionan a nivel estratégico siendo necesarias otras herramientas a nivel operacional.

Como hemos comentado, la industria del automóvil es la pionera, tras el cambio de paradigma introducido por Ford, con la línea de montaje a principios del siglo XX y que se extiende a otros sectores principalmente de la industrias pesada (Hounshell, 1984); son por tanto éstas industrias, las automovilísticas, las que han transmitido los sistemas al resto de sectores. En el caso concreto de las empresas de alimentación el retraso en la adopción de tales sistemas se ha debido a factores económicos (los alimentos no suelen ser bienes de alto valor añadido como puede ser un automóvil) y en el caso de los alimentos frescos a su distribución en un entorno geográfico reducido, donde la escasa competencia apenas ha “empujado” a la mejora sustancial de dichas organizaciones; aún existen infinidad de pequeñas empresas de alimentación que operan dentro de su entrono local sin aparente riesgo de desaparición y sin mantener más sistemas de gestión que el mínimo legal. Este último aspecto está

evolucionando rápidamente en la última década debido a la aparición de otros canales de venta y a la mejora logística que han permitido el acortamiento de las cadenas de suministros para pequeños productores, lo que les da una oportunidad de expandir el alcance de su negocio; a su vez esa misma mejora logística supone adicionalmente una amenaza al productor local que ve cómo grandes empresas y pequeños fabricantes de otras áreas geográficas consiguen una distribución capilar que llega a todos los territorios. Es en este entorno cambiante donde se necesita ser el más rápido (ser el único), el mejor o el más barato para mantener algún elemento diferenciador en un mercado cada vez más global.

Certificaciones

La norma ISO 9001:2015 recoge en su última versión los 7 principios que internacionalmente se reconocen como claves en las organizaciones para la gestión de la calidad total. Las organizaciones de todo el mundo eligen diferentes modelos de gestión, pero sin duda la serie de normas ISO 9000 es la más extendida y por ello haremos un análisis del estado de situación. Los 7 principio que se han citado anteriormente son los siguientes: (ISO, 2015)

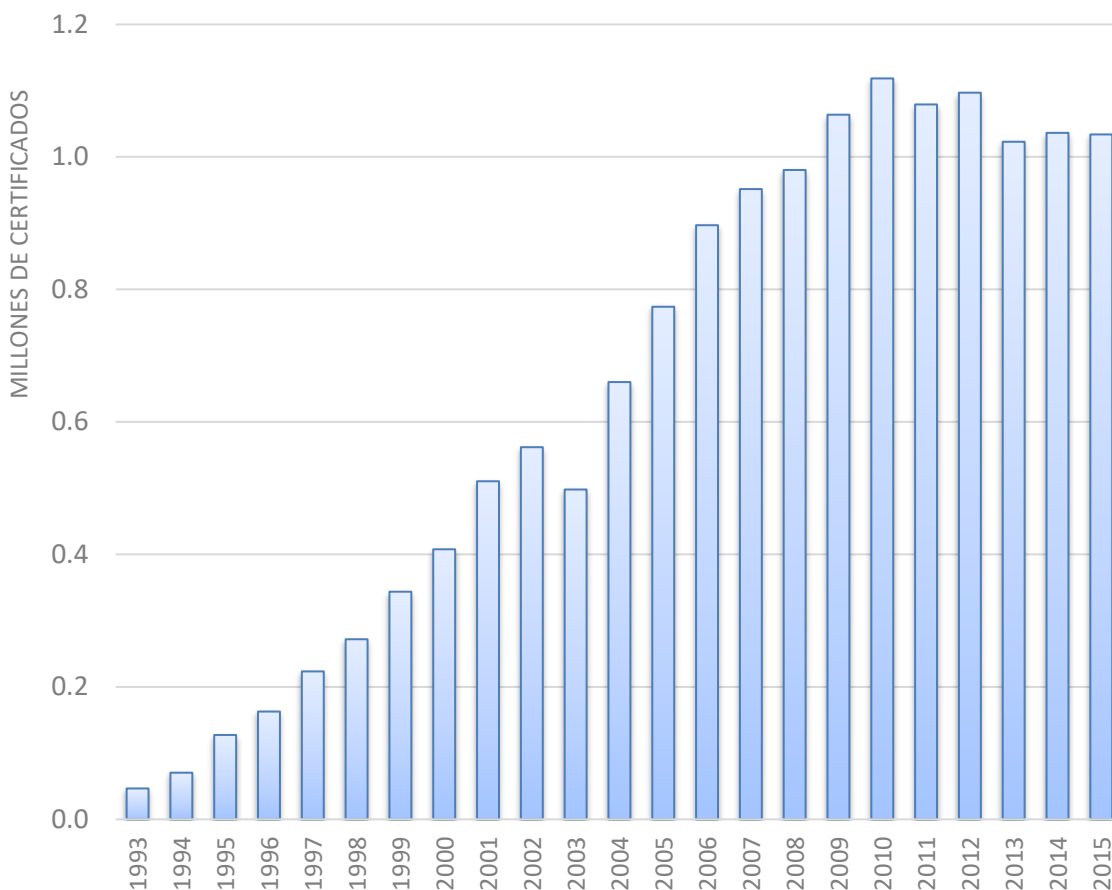
- Orientación al cliente
- Liderazgo
- Compromiso de las personas
- Enfoque en el proceso
- Mejora continua
- Toma de decisiones basadas en evidencias
- Gestión de los grupos de interés

El número de certificaciones de los sistemas elegidos para la gestión de cada ámbito de las organizaciones es un indicador de la expansión a nivel mundial de los modelos de gestión impulsados en las últimas décadas dentro del marco de Calidad Total.

Los registros consultados en la web oficial de la International Organization for Standardization (ISO) (Charlet, 2015) sobre los datos globales de certificaciones indican el crecimiento sostenido de los diferentes estándar. En la última recolección de datos de 2016 sobre certificaciones de 2015 se constataba un aumento del 3 % superando los 1.5 millones de los

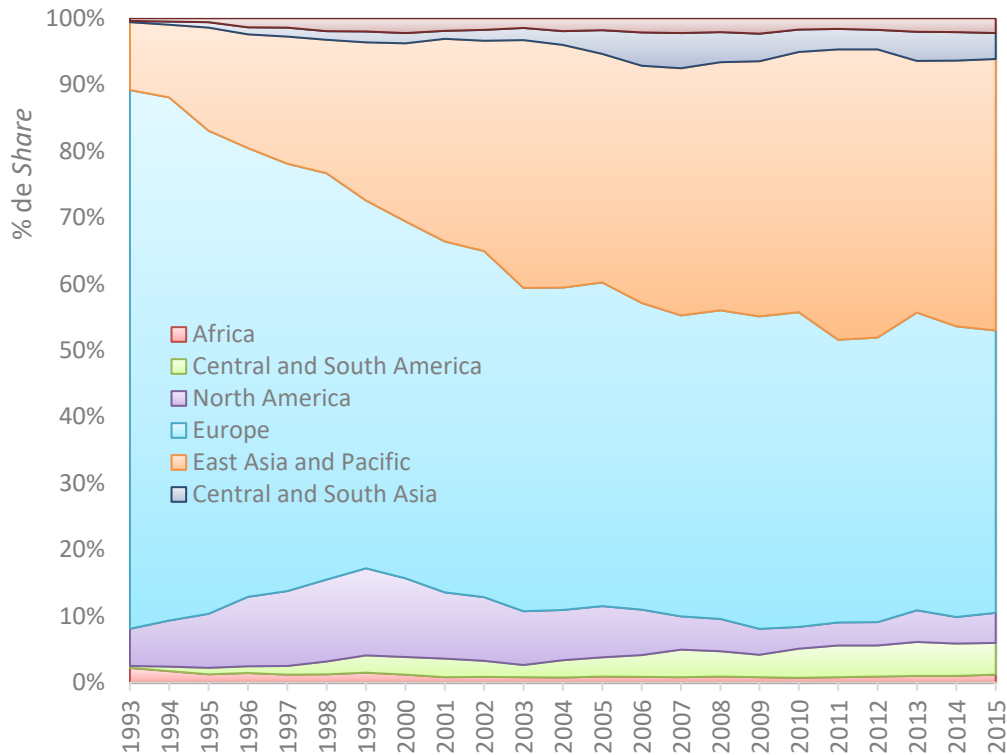
cuales la norma ISO 9001 representa al 68% con más de un millón de certificados en todo el mundo.

Figura 28. Evolución del número de certificados de ISO 9001 en el mundo (AENOR, 2016)



Igualmente se evidencia la correlación entre el número de certificados y el desarrollo industrial y las zonas preferentes de implementación por registro histórico. Europa en los años 90 tenía un “share” de más del 80 % mientras que actualmente está en el 45 % debido en gran medida al aumento de la zona Asia-Pacífico, y en particular China que ostenta el primer puesto en número de certificaciones tanto en ISO 9001, ISO 14001 como ISO 22000. China tiene actualmente el 28 % de las certificaciones ISO 9001 de todo el mundo. Esta evolución está cuantificada en la Figura 29 en la que se puede observar claramente la evolución que se ha comentado.

Figura 29. *Share* de ISO 9001 por regiones económicas (Charlet, 2015)



En lo que respecta al ámbito de estudio de la presente investigación, es posible tomar como indicador a la norma ISO 9001 puesto que es la que mejor representa el compromiso con la calidad y con los sistemas generales de gestión. En concreto durante 2015 el sector de alimentación ocupaba el puesto número 12 en un ranking de 39 sectores en la aplicación de la norma ISO 9001. Los primeros puestos corresponden a sectores de la industria pesada como metalurgia y transformados metálicos, equipamientos eléctricos, construcción, maquinaria y equipamientos. Como vimos anteriormente, son los sectores que sufrieron la primera transformación de planificación de la producción y que disponen de especificaciones y tolerancias bien definidas y que necesitan de una gran fiabilidad para garantizar a sus clientes la calidad de los futuros productos en la línea de montaje. Igualmente son sectores muy ligados a una fuerte regulación con numerosa legislación específica y con un mercado ampliamente globalizado. En España el sector alimentario ocupa también la posición número 12 del total de los 39 sectores del ranking.

Simbiosis en la gestión de la inocuidad y de la calidad

La inocuidad en las empresas dentro de la Unión Europea se rige bajo el Reglamento (CE) 852/2004 (Comisión Europea, 2004a) relativo a la higiene de los productos alimenticios. Son pocos principios generales y concretos encaminados a hacer cumplir las metas de seguridad alimentaria. En el artículo 4 puntos 3 se establecen las medidas de higiene específicas:

- ✓ Cumplimiento de los criterios microbiológicos
- ✓ Procedimientos para alcanzar los objetivos y lograr las metas
- ✓ Cumplimiento de requisitos relativos a temperaturas
- ✓ Mantenimiento de la cadena de frío
- ✓ Muestreo y análisis

A continuación en el artículo 5 se insta a las empresas alimentarias a crear, aplicar y mantener procedimientos permanentes basados en los principios del APPCC⁴:

- a) detectar cualquier peligro que deba evitarse, eliminarse o reducirse a niveles aceptables
- b) detectar los puntos de control crítico en la fase o fases en las que el control sea esencial para evitar o eliminar un peligro o reducirlo a niveles aceptables
- c) establecer, en los puntos de control crítico, límites críticos que diferencien la aceptabilidad de la inaceptabilidad para la prevención, eliminación o reducción de los peligros detectados;
- d) establecer y aplicar procedimientos de vigilancia efectivos en los puntos de control crítico;
- e) establecer medidas correctivas cuando la vigilancia indique que un punto de control crítico no está controlado;

⁴ El sistema de APPCC se creó inicialmente como forma de asegurar la inocuidad microbiológica en los albores del programa estadounidense de viajes espaciales tripulados, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos de los astronautas. El sistema original fue concebido por la Pillsbury Company, en colaboración con la NASA y los laboratorios del ejército de los Estados Unidos en Natick. Se basó en la técnica de ingeniería conocida como Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) que analiza lo que podría ir mal en cada fase del funcionamiento, así como las posibles causas y los probables efectos, antes de aplicar mecanismos de control eficaces (FAO, 2002).

- f) establecer procedimientos, que se aplicarán regularmente, para verificar que las medidas contempladas en las letras a) a e) son eficaces,
- g) elaborar documentos y registros en función de la naturaleza y el tamaño de la empresa alimentaria para demostrar la aplicación efectiva de las medidas contempladas en las letras a) a f).

El APPCC tiene como finalidad identificar, evaluar y controlar los peligros relevantes que puedan aparecer durante la obtención, preparación, transformación, elaboración, manipulación y puesta a la venta o suministros al consumidor final de los productos alimenticios (Comunidad de Madrid, 2011).

El APPCC es una herramienta sistemática que se emplea en todas las etapas y tiene un carácter operativo. Para que el APPCC sea totalmente eficaz la empresa debe estar trabajando previamente con base en unas prácticas higiénicas y en unas condiciones ambientales y operativas que abarquen todo el proceso de producción. Dichos protocolos constituyen el sistema de prerrequisitos del APPCC y constituyen un marco de trabajo que es dinámico y actualizable. Los principales prerrequisitos son:

- Diseño higiénico de locales, instalaciones y equipos
- Formación de todo el personal
- Plan de limpieza y desinfección
- Plan contra plagas
- Mantenimiento de locales, instalaciones y equipos
- Plan de agua de abastecimiento
- Buenas prácticas de elaboración y manipulación
- Sistema de trazabilidad
- Plan de control y seguimiento de proveedores
- Almacenamiento y productos y materiales de limpieza
- Almacenamiento y eliminación de residuos

Los planes de prerrequisitos son sin duda los verdaderos cimientos sobre los que se asienta el APPCC. Por tanto es un sistema robusto que se basa en un marco bajo control previo

(prerrequisitos), una evaluación de peligros, un establecimiento de medidas y un plan de vigilancia. Es un sistema ordenado que requiere de un conocimiento profundo y detallado del producto y del proceso.

Este mismo enfoque puede heredarse para la gestión de la calidad en aspectos en los que exista un profundo y detallado conocimiento del proceso y del producto: marco estable, evaluación de peligros⁵ previo, establecimiento de acciones y vigilancia.

I.1.5. Análisis bibliográfico y bibliométrico

Para tener una visión lo más amplia y completa posible se ha realizado una revisión sobre la problemática potencial asociada al proceso tecnológico de la fabricación de quesos. Igualmente se han analizado las alertas alimentarias y las pérdidas inevitables asociadas a los procesos físicos así como el desperdicio en las operaciones. Posteriormente en un análisis prospectivo, dentro de la comprensible confidencialidad, se darán a conocer los problemas que afectan a las diferentes empresas y operadores del sector nacional y europeo con las que hemos tenido ocasión de contactar personalmente. Previamente a ello y como último punto de esta introducción se presentarán los datos de las temáticas y *topics* que más se presentan en la bibliografía científica (revistas, *reviews*, comunicaciones, ...) con el fin de intentar identificar y definir cuáles son los problemas sobre los que los grupos de investigación trabajan. Tomamos como premisa que tiene que haber un equilibrio entre la investigación básica y el interés industrial y que por lo tanto no todos los registros encontrados serán reflejos de problemas reales, aunque sí potenciales, de la industria. De todos modos los datos obtenidos se presentarán como un buen indicador que refleja “lo que se está moviendo”.

Para conocer las temáticas de las publicaciones hemos empleado en todos los casos el filtro *cheese* y hemos seleccionado como objeto de valoración las áreas de calidad – *quality* e inocuidad – *safety* así como *topics* relativos a dichas áreas: *defects* y *hazards*. Las búsquedas se han realizado en 4 bases de datos, seleccionando 2 generales como son *Web Of Science* (WOS, 2016) y *Google Scholar* (Google S, 2016), y otras 2 fuentes especializadas: *Journal of Dairy Science* (JDS, 2016) e *International Dairy Journal* (IDJ, 2016); estas dos últimas fuentes

⁵ Peligro en el sentido de todo lo que pueda afectar a la satisfacción de las expectativas de los clientes.

han sido seleccionadas a partir del ranking de publicaciones con más impactos en *Web Of Science* (WOS) como se muestra en la Tabla 9.

La búsqueda en WOS de *cheese* reporta 27 445 resultados y 5901 en los últimos 5 años así como 1392 en 2015. Refinando la búsqueda para *cheese* en el título los datos respectivos son: 15 596, 2575 y 597.

En los últimos cinco años el número de publicaciones que incluyen *cheese* en el título es 2575 de las cuales se ha analizado su segmentación por categorías propias de WOS comprobando que las entradas son asociadas con tecnología alimentaria (64 %), seguido de microbiología (21 %); los resultados completos se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Número de registros por categorías para la búsqueda *cheese* en el título para el periodo 2011-2015 (WOS, 2016)

Categoría en <i>Web of Science</i>	nº de registros	% sobre un total de 2575
<i>Food science technology</i>	1636	64%
<i>Agriculture dairy animal science</i>	372	14%
<i>Biotechnology applied microbiology</i>	282	11%
<i>Microbiology</i>	262	10%
<i>Chesmitry applied</i>	165	6%
<i>Nutrition dietetics</i>	149	6%
<i>Agriculture multidisciplinary</i>	83	3%
<i>Engineering chemical</i>	83	3%
<i>Veterinary sciences</i>	61	2%
<i>Biochesmistry molecular biology</i>	49	2%

Tabla 9. Número de registros por fuente para la búsqueda *cheese* en el título para el periodo 2011-2015 (WOS, 2016)

Título de las fuentes	nº de registros	% sobre un total de 2575
<i>Journal of dairy sciences</i>	219	8.5%
<i>International dairy journal</i>	150	5.8%
<i>International journal of dairy technology</i>	108	4.2%
<i>Dairy science technology</i>	86	3.3%
<i>LWT food science and technology</i>	74	2.9%
<i>International journal of food microbiology</i>	72	2.8%
<i>Food chemistry</i>	71	2.8%
<i>Food microbiology</i>	64	2.5%
<i>Food control</i>	58	2.3%
<i>Journal of dairy research</i>	50	1.9%

Respecto a las fuentes existe una gran dispersión de las mismas siendo Journal of Dairy Science y International Dairy Journal las que presentan más entradas pero sin poder determinar una predominancia sobre la categoría Tabla 9.

Los países con mayor producción científica sobre *cheese* en los últimos 5 años y que tiene más de un 5 % de cuota han sido Italia, España, Estados Unidos, Brasil, Francia y Turquía (Tabla 10).

Tabla 10. Número de registros por país para la búsqueda *cheese* en el título para el periodo 2011-2015 (WOS, 2016)

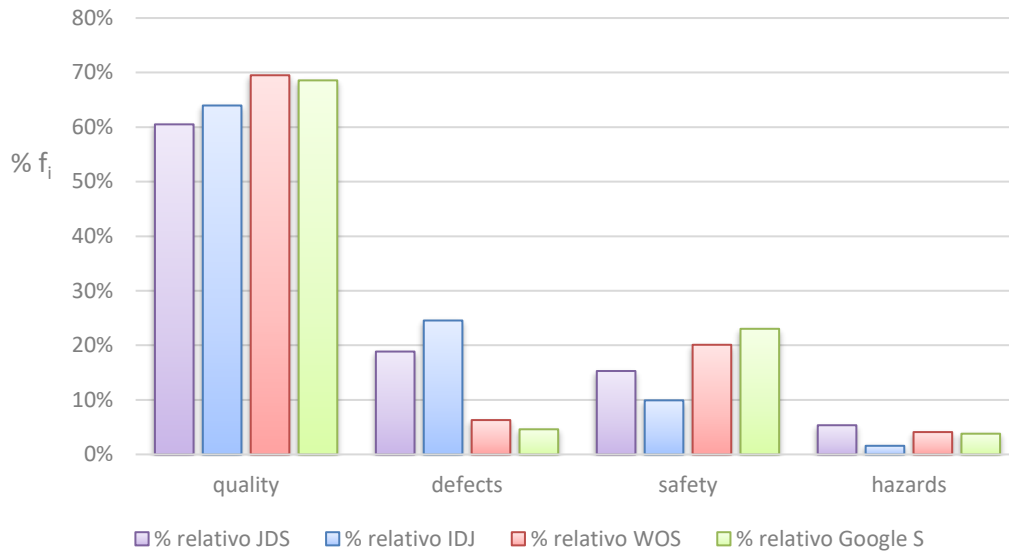
Países / territorios	nº de registros	% sobre un total de 2575
Italia	395	15.3%
España	254	9.9%
Estados Unidos de América	254	9.9%
Brasil	225	8.7%
Francia	178	6.9%
Turquía	164	6.4%
Irán	101	3.9%
Irlanda	80	3.1%
Canadá	74	2.9%
República Popular China	67	2.6%

Comparando el ranking de producción científica con los datos mundiales sobre producción de queso, existe una falta de correlación con respecto a Alemania y Países Bajos que siendo 2 potencias mundiales (2º y 5º puesto respectivamente de fabricantes a nivel mundial) aparecen en las posiciones 17 y 34 respectivamente. Cabe destacar la intensa producción científica en torno a la tecnología quesera que existe por parte de los países mediterráneos. Italia es el principal origen de publicaciones con un 15 % sobre el total y España es el 2º foco de publicaciones con un 10 % al mismo nivel que Estados Unidos que es el mayor fabricante de queso a nivel mundial.

Como premisa de búsqueda se incluye *cheese* y a continuación se afina la búsqueda con la serie de palabras previamente indicadas para obtener el número de registros categorizados.

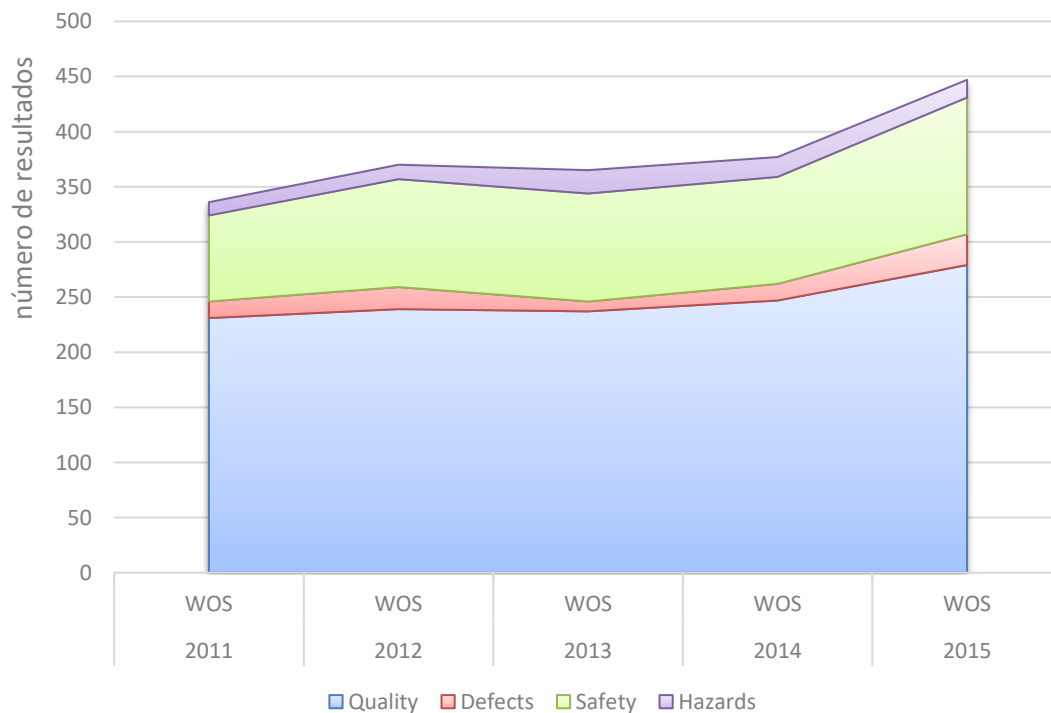
En las cuatro fuentes consultadas, 2 generales y 2 específicas, existe casi una proporción de 3:1 en cuanto a la producción sobre temas de calidad y de sobre inocuidad (73 % *quality + defects* y 27 % *safety + hazards*).

Figura 30. Porcentajes relativos por fuente ordenado por *topic* para la búsqueda *cheese* durante el periodo 2011-2015



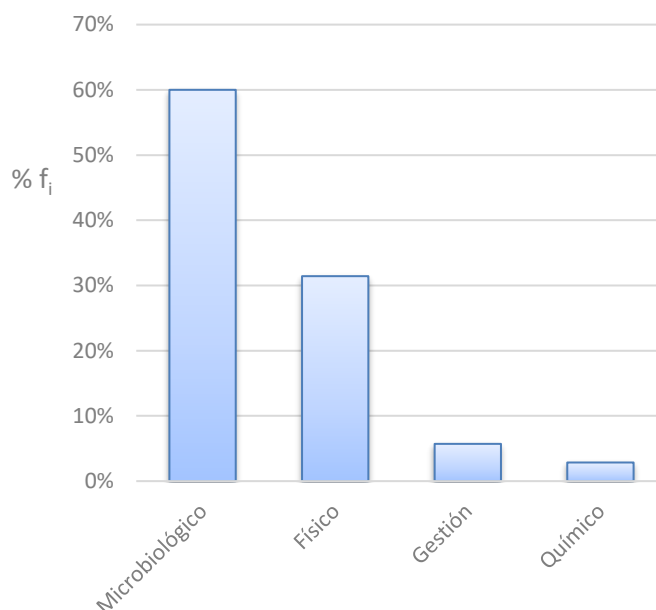
En términos generales no hay diferencias significativas entre las diferentes fuentes para los términos *quality*, *safety* y *hazards*. Sí existen diferencias significativas para *defects* entre las fuentes específicas del sector (JDS + IDJ) y las generales (WOS + Google S), siendo significativamente mayor el número de artículos relativos a defectos en quesos en las fuentes específicas del sector.

Figura 31. Resultados de la serie histórica por *topic* de para la búsqueda *cheese* en WOS para el periodo 2011-2015 (WOS, 2016)



Analizando la serie histórica de resultados de los términos *quality*, *defects*, *safety* y *hazards* en la principal fuente general WOS y la principal fuente sectorial JDS se observa en ambas series que la proporción de los 4 términos es similar con la única diferencia ya comentada anteriormente sobre *defects*. Los datos mantienen su relación observándose en ambas un repunte en 2015, aumentando las publicaciones sobre *quality*, *defects* y *safety* en WOS y sobre *defects* en JDS. Se observa un aumento de la investigación en relación con los términos de calidad, siendo más general en la fuente global WOS y más específica en JDS centrándose en defectos que analizaremos más adelante. En ambos casos vemos que un término específico como *defects* dobla el número de artículos pasando de 37 (WOS + JDS) en 2014 a 76 en 2015 (WOS + JDS). Analizados los registros de WOS sobre la búsqueda *cheese + defects* para los 2 últimos años es posible formar una idea bastante aproximada de en qué se está investigando: la investigación se reparte en primer lugar los aspectos microbiológicos, seguidos de físicos, gestión y químicos con un 60 %, 31 %, 6 % y 3 % respectivamente.

Figura 32. Porcentaje relativo de registros por origen para la búsqueda en WOS de *cheese + defects* en el periodo comprendido entre 2014-2015



Sobre la misma segmentación de datos hay un reparto dominante entre los aspectos encaminados a la solución de defectos (46 %) y los temas de aumento del conocimiento (43 %). Revisados los registros relacionados con defectos, la temática principal se relaciona con el hinchamiento (44 %) y la formación de ojo (13 %), estando además ambos aspectos muy relacionados. Respecto al objeto de estudio de la investigación: fermentos o cultivos estárter (25 %), bacterias acompañantes (19 %) y características de la leche (13 %).

I.2. Metodología

Al igual que sucede con diferentes especies de seres vivos, los momentos de escasez suelen ser los que preceden a las etapas de mayor auge. En los últimos 8 años hemos sufrido a nivel mundial una crisis económica global que ha sido impulso para muchas empresas a la hora de lanzarse a mercados y negocio nunca antes pensados, y también dicha crisis ha supuesto el cese de la actividad para otras muchas organizaciones. El sector lácteo también ha vivido este tipo de reconversión mediante fusiones, cambios de orientación del mercado y búsqueda de la eficiencia en los procesos. En este último sentido han sido claves las empresas que han contado con herramientas eficaces de gestión que optimicen sus recursos, que prevean los posibles fallos y que permitan una gestión eficaz de esos mismos errores en el caso de suceder. La necesidad de mejorar la eficiencia industrial mediante el control de los procesos y la reducción de la incertidumbre de los parámetros de control es otro gran reto. Además, la utilidad de elaborar protocolos específicamente aplicados a la calidad basados en los ya desarrollados para la seguridad y que han demostrado su eficacia, parece un abordaje posible y con potenciales consecuencias positivas. Por otro lado los errores operacionales constituyen una pérdida económica por cuanto pueden conllevar la pérdida del alimento mismo, pérdidas de rendimiento y costes de gestión. Además existe una concienciación emergente y creciente en cuanto al desperdicio alimentario se refiere. Desde este punto de vista también es acuciante para los sectores dedicados a la alimentación conocer y controlar las características particulares de sus procesos para reducir las pérdidas (mermas propias de las operaciones) y los desperdicios fruto de una gestión ineficaz y de una falta de optimización.

Sea cual sea la motivación raíz, todo nos indica que las empresas del sector lácteo se preocupan cada vez más por la reducción de sus mermas y desperdicios toda vez que parece demostrado a la luz del análisis de notificaciones RASFF que los asuntos de inocuidad han quedado bajo control.⁶

Un análisis detallado de los problemas tecnológicos que suceden en las empresas del mundo quesero nos ha permitido clasificar las causas origen de los eventos que mayores pérdidas

⁶ Bajo control en el sentido de que se encuentra dentro de los niveles de riesgo que son asumibles con el estado tecnológico actual.

ocasionan lo que implica un gran lastre en la competitividad y rentabilidad final de dichas organizaciones. Atendiendo al impacto ponderado sobre unidades afectadas, aun no siendo los incidentes más numerosos sí son los que más pérdidas ocasionan: nos referimos a los incidentes cuya causa tiene origen microbiológico. En los quesos tanto las bacterias, como los mohos y las levaduras son causantes de manera puntual o generalizada de defectos que conllevan grandes pérdidas económicas y desperdicio alimentario.

Desde esta misma perspectiva de controlar los procesos, evitar los incidentes, analizar las causas y evitar su repetición se han desarrollado a nivel mundial sistemas de gestión que dar un marco de trabajo para organizar los procesos y actividades de las empresas. Las certificaciones son un modelo elegido por un gran número de organizaciones para medir su capacidad de gestión y basar las líneas generales de su organización. Los problemas aparte de la gestión tienen además la faceta de la operación; en este sentido se han desarrollado otra serie de estándares especializados que permiten abordar las características propias de cada sector. En el mundo de la alimentación dichos estándares o guías son exclusivos de todo lo relacionado con la inocuidad, dejando al control propio de cada fabricante los asuntos de control de la calidad. Es precisamente en este punto donde hemos identificado una carencia en las herramientas que existen a disposición de las empresas y sus técnicos.

Por un lado las guías generales que dan una visión global de la gestión de la calidad tienen su origen en los sectores de la industria pesada de producción, que no siempre son de aplicación exacta dentro del mundo de la alimentación, y por otro lado las guías particulares para el sector alimentario sólo tienen en cuenta los aspectos relacionados con la inocuidad. Por lo tanto existe un *gap* que no conecta los sistemas de calidad generales con la realidad de la industria alimentaria. Esta investigación arranca precisamente en este punto. Entendemos que la industria pesada tradicional ha perseguido comprender sus procesos y reducirlos a un modelo discreto por descomposición por etapas, especificaciones y en una escala de incertidumbre muy pequeña y de medidas extremadamente controladas. Este abordaje se basa en premisas que en los alimentos no siempre se cumplen. Como ejemplo, en los alimentos podríamos identificar las siguientes:

- Hay un gran número de elementos interactuando y el todo no es la suma de las partes

- Las interacciones no son lineales; para el estudio de los microorganismos se emplean modelos exponenciales y la incertidumbre asociada a la medida también está en otra escala diferente a los sistemas convencionales de gestión
- Una vez “montado” el alimento no es posible desmontar y separar sus ingredientes, es decir, no existe vuelta atrás

Además en nuestro caso específico de la elaboración de queso,

- Un queso es un sistema dinámico
- Los sistemas tradicionales de gestión “ni ven ni miran” a los microorganismos

Como resumen de lo anterior pensamos que existen 2 niveles de complejidad adicionales que es necesario abordar en el diseño de los sistemas de gestión:

Bien de consumo → alimento → alimento vivo

Este paradigma de estudio se satisface con el análisis de la producción de queso de pasta prensada que será el modelo de estudio de este trabajo de investigación.

Afortunadamente la industria alimentaria sí tiene legislación y estándares que incluyen la perspectiva del alimento y la presencia de microorganismos en el mismo. Sin embargo el abordaje legislativo únicamente tiene alcance en términos de seguridad alimentaria sin entrar en la calidad del alimento y las guías siguen siendo al igual que la legislación genéricas sobre inocuidad.

Tabla 11. Acceso a publicaciones por área y propuesta de paradigma de complejidad para los diferentes tipos de bienes

	Calidad	Inocuidad	Dominio de complejidad
Bien de consumo	+++	N/A	Complicado
Alimento	+	+++	Complejo
Alimento vivo	-	+++	Complejo

El principal aporte de complejidad en los modelos se debe a los microorganismos, bien los que potencialmente pueden contaminar los alimentos como los que de forma intencionada añadimos para que cumplan una función tecnológica. Anteriormente vimos que las mayores pérdidas en la industria quesera tienen como origen los microorganismos; posteriormente

analizaremos de forma cuantitativa dichos incidentes; igualmente evidenciamos que la investigación reciente sobre quesos de los últimos 2 años se centra en las causas de origen microbiológico. Nuestra propuesta es comprobar la relación entre ambos supuestos y ampliar la visión de los sistemas de calidad actuales con las nuevas perspectivas que, si bien aumentan la complejidad, deben ajustarse a las necesidades de gestión y deberían ser viables en su aplicación. El análisis relativo a la aplicabilidad de las nuevas herramientas propuestas se analizará en el Capítulo III.

I.2.1. Recogida de información

En esta primera etapa de la investigación se propuso un análisis detallado de los problemas existentes en la elaboración de queso a nivel internacional y nacional. Se ha contado con cuatro tipos de fuentes diferentes de información:

I.2.1.1. Publicaciones científicas y libros especializados

A partir de la revisión bibliográfica se ha accedido a numerosas publicaciones en las que describen problemas concretos de diferentes tipos concretos de queso. En el sector existen a su vez libros especializados sobre la elaboración de queso en general y sobre la tecnología de pasta prensada en particular. Igualmente existen publicaciones que analizan de forma transversal los problemas en la fabricación de queso y la relación con los factores implicados en la producción. De todos ellos se han extractado los problemas y se han categorizado.

I.2.1.2. Bases de datos públicas sobre alertas alimentarias

Se ha tenido acceso a la base de datos de la red de alertas de alimentos y piensos (Comisión Europea, 2017) de la que se han extraído y analizado las notificaciones en general y se ha ampliado información sobre el sector lácteo y los quesos.

I.2.1.3. Incidentes de calidad de empresas del sector

Se ha contado con la colaboración de responsables de calidad, jefes de producción, consultores, proveedores, auditores, inspectores del servicio veterinario oficial y con la experiencia personal del investigador. En este sentido se ha mantenido la confidencialidad de todos los datos y la base de datos creada no correlaciona en ningún caso el problema con la empresa origen. Tan sólo se han tenido en cuenta incidentes relacionados con los quesos de pasta prensada.

I.2.1.4. Entrevistas y encuestas con expertos

Se ha solicitado la colaboración a profesionales relacionados con el sector quesero: gestores de calidad, responsables de producción, maestros queseros, servicios oficiales de inspección, auditores de sistemas de gestión; las personas entrevistadas han tenido en algún momento de su carrera profesional los roles antes descritos con independencia de que en el momento de la entrevista los siguieran desarrollando. La información se ha recabado mediante entrevistas personales de unas dos horas de duración con dos temáticas diferentes: la gestión de la calidad en las queserías y los problemas encontrados en los quesos.

Adicionalmente y para facilitar el acceso a más profesionales garantizando la confidencialidad se elaboró una encuesta por internet. El enlace se ha distribuido *boca a boca* entre los profesionales del sector. Este sistema ha asegurado por un lado la confidencialidad de los encuestado a la hora de responder: no es posible saber quién ha tenido acceso al enlace ni incluso en el caso de saberlo, tampoco es posible saber quién ha respondido la encuesta; y por otro lado, y por ese mismo motivo, ha permitido obtener más impacto en las respuestas. Con este modo de recopilar información se pierda la trazabilidad del dato y a la vez se aumenta en número de datos que es posible obtener. Puesto que el alcance de nuestro análisis es presentar los datos agregados se ha priorizado obtener el mayor número de datos frente a la trazabilidad de los mismos. La encuesta se presenta en el anexo II.

Complementando la toma de datos se publicó una encuesta en redes sociales profesionales⁷ para recabar información general sobre aparición de problemas, gestión y solución de los mismos y barreras en la implementación de las soluciones, ver el anexo IIII.

⁷ La encuesta se creó en la plataforma [Survey Monkey](https://es.surveymonkey.com/r/6WNW8RL) y es accesible a través del siguiente enlace: <https://es.surveymonkey.com/r/6WNW8RL>. Para la difusión de la encuesta se publicó el enlace en LinkedIn: en grupos sobre gestión de calidad, gestión de sistemas de calidad; <https://www.linkedin.com>

I.2.2. Análisis de la información

I.2.2.1. Clasificación de los defectos de los quesos

De la bibliografía sobre defectos en quesos se ha generado una base de datos que relaciona cada defecto potencial con una serie de etiquetas que posteriormente servirán para su análisis y establecimiento de correlaciones. Para cada defecto tipo se ha establecido:

- Origen del peligro: físico, químico, microbiológico.
- Relacionado con la causa: se ha definido el campo de la posible causa, el agente causante como campo libre, la etapa del proceso en la que la causa aparece y la categoría del agente con 4 categorías: prerrequisitos, composición, parámetros y microbiología.
- Sobre el defecto: se ha establecido un campo libre para el defecto o síntoma y se han establecido dos dimensiones: la categoría y el factor principal relacionado con el defecto/síntoma
- Detectabilidad: se ha etiquetado un campo con valores sí/no para la detectabilidad por parte del consumidor y otro para consignar la etapa del proceso en la que se podría detectar el defecto.
- Proceso: se ha consignado un campo sí/no para determinar si el defecto afecta además al rendimiento industrial, es decir que genera mermas de productividad.

I.2.2.2. Clasificación de los incidentes en la fabricación de quesos

De las fuentes analizadas se han recopilado problemas teóricos de manera cualitativa o potencial e incidentes reales en las empresas sobre las que ha sido posible en ocasiones cuantificar. Sobre los últimos se han recopilado expedientes provenientes de reclamaciones (quejas de consumidores y clientes) y de no conformidades (desviaciones de lo previsto antes de la salida del producto hacia el cliente). A continuación se detallan los criterios de clasificación de los expedientes. Cada expediente se ha introducido en una base de datos. A cada registro se le han asociados las siguientes etiquetas para un posterior análisis.

- Síntoma: indicio, hecho, situación que alerta que algo está fuera del estándar o no es habitual. Campo libre.

- Etapa detección síntoma: la etapa en la que el síntoma aparece. Este campo puede tomar cualquier valor del diagrama de flujo teórico del proceso tipo de fabricación descrito en el diagrama de flujo presentado en la Figura 8.
- Modo de detección: hacer referencia al modo en el que se pone de manifiesto la desviación con lo previsto:
 - Externa: normalmente mediante los servicios oficiales de inspección, aunque también a través de la comunicación de un proveedor; mediante un informe, acta de inspección o análisis de producto final.
 - Interna: a partir del plan de autocontrol de la organización sobre las etapas del proceso que están bajo su control.
 - Proactividad: aviso que llega a través del personal de la empresa y que no se enmarca en ningún plan de control previamente establecido.
- Etapa/proceso de la causa: analizado el síntoma y establecida la posible causa se indica en este campo la etapa probable en la que ha surgido la causa del problema. No siempre es posible esclarecer este campo y en los casos en los que se define existen diferentes grados de certeza sobre la correspondencia de la causa y la etapa origen de la misma.
- Categoría origen: de la causa: se ha empleado la clásica clasificación de peligros (físico, químico y microbiológico) añadiendo la categoría gestión.
- 7M causa: una vez establecida la presunta causa se indica en este campo la “M” a la que pertenece dicha causa: esta clasificación la realizamos según el listado clásico de 5M (Ishikawa, 1994) de las herramientas de resolución de problemas. En nuestro caso hemos empleado un listado de 7 categorías: instalaciones, máquinas, materiales, métodos, personas medición y cultura de la empresa.
- Origen del problema causante: siguiendo la clasificación de Francisco Polledo (2002): adoptados (si proviene del proveedor), generados (si los creas el fabricante) y atribuidos (si el peligro está en el distribuidor o cliente, fuera del alcance y control del fabricante).
- Categoría efecto: hace referencia al efecto principal que tiene el problema detectado: la clasificación está orientada al producto y se establecen las siguientes categorías: leche fuera de especificación (dada la gran importancia que tiene esta

materia prima en elaboración de quesos se le ha dado una categoría independiente), Producto no estándar (categoría general para cualquier materia prima, semielaborado o producto final con datos no habituales o fuera de especificación), defecto en envase (categoría exclusiva para el envase de producto final), moho en producto (dado que dentro de los defecto microbiológicos es el más habitual), cuerpos extraños, contaminación microbológica (para indicar un contaminación en cualquier materia prima, semielaborado o producto final) y por último gestión adicional para referirnos a todo lo que no hace referencia al producto.

- 7M de efecto: categorizamos sobre qué "M" actúa la causa: leche, materias primas, semielaborado, producto final, envase, instalaciones, máquinas y procesos. (leche: leche, bien en materia prima o ya en proceso; producto: producto final del proceso de la empresa; semielaborado: producto intermedio "no leche" del proceso de la empresa; Materias primas: todo lo que la empresa compra para elaborar que bien forma parte de la porción comestible o está en contacto con el producto)
- Categoría del defecto: clasificación que indica por qué la no conformidad detectada e investigada es fundada dado que conlleva un incumplimiento (legal o de especificación) o bien un cambio en las condiciones estándar de fabricación o bien una situación de inseguridad de funcionamiento de los prerrequisitos de gestión de la empresa.
- Defecto detectable: se indica si es previsible que el cliente/consumidor detecten el defecto.
- Defecto calidad o seguridad alimentaria: se categorizan todos los incidentes dentro de calidad y se establece la categoría especial inocuidad a los que estén directamente relacionados con la seguridad del alimento y están gestionados vía APPCC.
- Consecuencia: el síntoma detecta un problema que tiene un efecto que desencadena un defecto que termina teniendo unas consecuencias sobre el negocio: pérdida, reproceso o pérdida de productividad.

- Impacto: solo empleado para reclamaciones; indica una medida del coste del incidente.
- Fundada: solo empleado para reclamaciones; valora si la queja del cliente tiene una argumentación razonada y plausible.
- Imputable fabricante: solo para reclamaciones; valora si para un incidente fundado la etapa está bajo el control de fabricante o bien éste tiene la capacidad de actuar.

I.2.3. Herramientas básicas de calidad para la mejora de los procesos

La recogida y análisis de los datos y en especial las series temporales con un número elevado de resultados requieren herramientas para su análisis y evaluación. En el transcurso de este trabajo de investigación hemos empleado todas en mayor o menor medida, heredando los principios de mejora de los procesos (Ishikawa, 1976; Galgano, 1995). Estas herramientas básicas fueron diseñadas para el uso diario. Las herramientas fueron concebidas para poder ser empleadas por personas sin conocimientos amplios en estadística y siguen siendo ampliamente utilizadas hoy en día debido a su sencillez, rapidez y por la información de valor que aportan.

I.2.3.1. Diagramas de flujo

Es una representación gráfica y esquemática de un proceso físico en el que se describen etapas, movimientos y decisiones.

I.2.3.2. Histogramas

Es el tipo de representación gráfica más empleada y permite comparar frecuencias de aparición de una gran cantidad de datos.

I.2.3.3. Hoja de control

Se trata de un formato sencillo y estructurado para la recolección de los datos. Permite, dependiendo del diseño, observar tendencias y dispersión de los mismos. Para el diseño se requiere de información estadística previa para ajustar la escala de registro.

I.2.3.4. Gráficos de control

Son formatos de recolección de datos cuyo diseño permite una visualización gráfica de los mismos en el mismo momento en el que el dato se anota. Permiten hacer seguimiento de un proceso en el tiempo y visualizar el cumplimiento de especificaciones así como tendencias con el tiempo.

I.2.3.5. Diagrama de Pareto

Basado en el principio de Pareto o regla del 80 – 20 (Pareto, 1945). Es una representación gráfica similar a los histogramas en las que los elementos se ordenan en orden decreciente de frecuencia. El histograma así representado se acompaña de la representación gráfica de la línea acumulada de frecuencias. Esta herramienta permite visualizar si la distribución se ajusta a una potencial. Igualmente permite priorizar al seleccionar los elementos con mayor frecuencia y cuyo valor acumulado es elevado (por consenso se habla del 80 %); sobre estos elementos se elabora un plan de acción.

I.2.3.6. Diagramas de dispersión o correlación

Este tipo de diagramas permite valorar la intensidad de relación entre dos variables X e Y al representarlas en un gráfico de puntos. Son un primer abordaje para un análisis posterior.

I.2.3.7. Diagramas de Ishikawa

Los diagramas de Ishikawa, también llamados causa–efecto o de espina de pescado (*fishbone diagram*) son una herramienta básica en la resolución de problemas y busca establecer relación entre los factores y las características de calidad de un producto para conocer y posteriormente controlar el origen de la variabilidad de dicha característica. Para su elaboración se determina en primer lugar la característica a estudiar y posteriormente se enumeran todos los factores que pueden influir en la misma. Dichos factores se organizan en una clasificación predefinida de categorías conocida como 5M.

5M

El método de las 5M es un modo de clasificación que asigna cada elemento de una lista a una de las categorías previamente definidas. En la industria se utiliza normalmente para clasificar los factores que influyen en una característica y se combina con la herramienta de diagrama de Ishikawa. Las categorías pueden

varias según el sector o la temática siendo las 5M originales implantadas por Ishikawa en Toyota las siguientes:

- *Machine*: máquinas, tecnología
- *Material*: materiales, materias primas, fungible, información
- *Method*: métodos, procesos
- *Man*: personas, incluyendo tanto la vertiente física como la mental
- *Measurement*: medición, inspección

Adicionalmente hemos incluido los factores medioambientales y la cultura organizativa en nuestra clasificación de 7M llevada a cabo en esta investigación.

I.2.4. Modelo de organización de la complejidad: Cynefin


La gestión completa de la elaboración de queso es un proceso sencillo de control complejo. De los tipos de peligros clásicos que se identifican en los sistemas de gestión de la inocuidad los de tipos físico son los que más clara relación causa-efecto presentan. Los de tipo químico tienen la misma relación causal conocida *a priori* mediante un razonamiento deductivo, si bien se hace más complejo ante el análisis de un caso concreto y la aplicación de un razonamiento que ha sido llamado abductivo. Por último son los problemas de tipo microbiológico los que han presentado mayor evolución desde el control basado en el proceso a comienzo de siglo, pasando por la liberación tras análisis, posteriormente integrado dentro del APPCC y la consiguiente evolución de análisis cuantitativo del riesgo y el establecimiento de objetivos de seguridad alimentaria (FSO)⁸. La incertidumbre y la variabilidad deben tenerse en cuenta especialmente en los problemas relacionados con microorganismos (Zwietering, 2015). Este mismo paradigma es de aplicación en el uso intencionado de los microorganismos dentro de la elaboración de quesos donde la variación y la incertidumbre son elevadas. De los modelos de análisis de la complejidad analizados, el marco Cynefin permite establecer de forma sistemática la clasificación de los incidentes de calidad dentro de un dominio de trabajo sobre


⁸ FSO acrónimo del inglés *food safety objective*: es “la frecuencia máxima y / o la concentración máxima de un peligro en un alimento al momento del consumo, que provee o contribuye al Nivel Adecuado de Protección (ALOP) (ICMSF, 2006)


el que se pueden aplicar herramientas específicas. Permite al gestor tener un marco de decisión particular y adaptado a cada tipo de problema.

El modelo se ha adaptado para el uso del gestor de problemas en la elaboración de quesos. Originalmente el modelo se presentó para establecer marcos de decisión en la gestión empresarial estratégica y general (Snowden and Boone, 2007)⁹.

El marco Cynefin tiene cinco dominios. Los cuatro primeros dominios son:

 Simple, en el que la relación entre causa y efecto es obvia para todos, es el dominio del “conocimiento conocido” y el enfoque es Dar sentido – Categorizar – Responder; podemos aplicar las mejores prácticas y como grandes ventajas permite automatizar y delegar, puesto que sólo hay una respuesta a cada situación. Dado que causa y efecto tienen una relación directa, el punto activo es Categorizar: dada una situación se establece el tipo a que pertenece y se responde con las prácticas y estándares de actuación predefinidos. Los peligros de este dominio son la sobresimplificación (“hazlo lo más simple posible, pero no más simple”¹⁰), las respuestas automáticas y la complacencia.

 Complicado, en el que la relación entre causa y efecto requiere análisis o alguna otra forma de investigación y/o la aplicación de conocimiento experto; es el dominio del “conocimiento desconocido” y que es posible conocer; existe más de una solución correcta al problema; el enfoque es Dar sentido – Analizar – Responder; podemos aplicar buenas prácticas. Los peligros de este dominio se asocian con el análisis extenso sin llegar a una decisión (“parálisis por el análisis”) y el no tener en cuenta las ideas de los no expertos.

 Complejo, en el que la relación entre causa y efecto sólo puede ser percibida en retrospectiva, pero no de antemano y además no se da reproducibilidad, son problemas o situaciones nuevas nunca vistas; es el dominio de las “incógnitas desconocidas”; el enfoque es Probar – Dar Sentido – Responder; podemos detectar

⁹ En la web del autor [Cognitive Edge](#) se puede completar información sobre el modelo original y los recursos para su aplicación en diferentes sectores.

¹⁰ “*Everything should be as simple as possible, but not simpler*”: cita anónima y atribuida a una idea desarrollada por Albert Einstein (Einstein, 1934). En el contexto Cynefin tratar la complejidad con simplicidad no asegura obtener resultados satisfactorios.

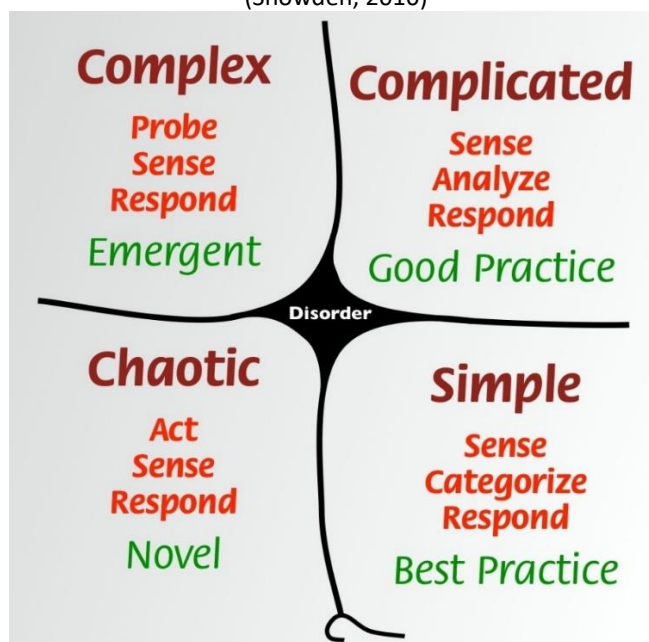
prácticas emergentes. Es posible identificar tendencia y patrones. El modo de razonamiento a emplear es abductivo y se va formando una conjetura que ofrezca la mejor explicación o la más probable. Los peligros asociados a este dominio son el uso de *command & control*¹¹, no tolerar los errores o el establecer el orden con excesivas reglas; todo ello anula la creatividad y no permite emerger la solución. En estas situaciones imponer una solución da una falsa sensación de control bajo la complacencia de “hacer que haces”.

👉 Caótico, en el que no hay relación entre causa y efecto a nivel de sistemas, el enfoque es Actuar – Dar sentido – Responder; estamos ante lo incognoscible y podemos descubrir las prácticas novedosas. Este dominio tiene como característica que permite innovaciones disruptivas. Se debe actuar de forma inmediata para volver a una situación de control (un ejemplo claro serían las situaciones de crisis): se debe aplicar *command & control*¹¹ para salir del caos y sólo mientras se sale del mismo. El gran peligro asociado a este dominio es intentar repetir actuaciones o dar el control a personas que tuvieron éxito en el pasado al resolver una situación de caos anterior con la confianza de que se repetirá el resultado al reproducir la situación de inicio (mismo gestor de crisis).

👉 El quinto dominio es el desorden, que es el estado de no saber qué tipo de causalidad existe, en el cual se volverá a la zona de confort una vez tomada una decisión. Se puede salir del desorden mediante la división del problema en otros problemas más pequeños y asignarlos a los otros dominios donde aplicaremos la estrategia correspondiente. En pleno uso, el marco Cynefin tiene sub-dominios, y el límite entre el dominio simple y el caótico es representado como un precipicio: la complacencia conduce al fracaso. En conclusión, el caos es siempre transicional y la dinámica es un aspecto clave.

¹¹ “*Command & Control*”: “orden y mando” es un estilo de liderazgo en el que una persona o un grupo reducido asume todas las decisiones (<https://www.ukessays.com/essays/management/characteristics-of-a-top-down-command-and-control-style-management-essay.php>).

Figura 33. Representación del marco de trabajo Cynefin ¹²
(Snowden, 2010)



En el dominio simple los eventos son predecibles, se conoce exactamente el modo de funcionamiento de las cosas, existen normas y para cada problema a partir de los datos que tenemos hacemos la categorización correspondiente y se ejecuta la acción.

En el dominio complicado los problemas requieren de un análisis profundo, normalmente por expertos. Cada problema o situación suele tener una única solución.

Los dominios simple y complicado comparten la fuerte relación causa – efecto y se distancian en cuando a la relación que existe entre los diferentes efectos de problemas independientes. Ambos dominios son el mundo de los datos y los hechos.

El dominio complejo y caótico por su parte comparten débil o nula relación causa efecto y son el mundo basados en patrones y tendencias. Incluso con el descubrimiento de ciertas reglas no está asegurada la repetición del resultado a partir de las mismas condiciones de partida.

La transición de un dominio a otro es posible y son los gestores los que deben aplicar conocimiento y herramientas para la correcta transición. Una vez detectada una situación de

¹² By Snowden (File:Cynefin framework Feb 2011.jpeg) [CC BY 3.0
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>)], via Wikimedia Commons

caos es necesaria una actuación rápida para conseguir cierta estabilidad y a partir de este punto conseguir fijar la situación en uno de los otros dominios.

I.2.5. Tipos de razonamiento

El modo en el que se abordan los problemas, independientemente de que sean más o menos complejos, requiere de una metodología básica de ordenación de las ideas y formulación de las hipótesis. Los métodos de razonamiento lógico básicos reconocidos comúnmente son la deducción y la inducción. El primero es una inferencia de lo general hacia lo particular en el que el resultado se deriva necesariamente de las premisas, es decir, si las premisas son verdaderas el resultado necesariamente debe serlo (es el razonamiento típico de las demostraciones matemáticas); el segundo método hace el recorrido inverso, de lo particular a lo general y considera que lo que es válido para un número determinado de casos será igualmente válido para la clase en su conjunto; incluso si todas las premisas son verdaderas los resultados puede serlo o no, por lo tanto la conclusión es la opción más probable (es usado para proponer teorías científicas). Mientras que la deducción concluye hechos, la inducción habla de lo posible. Un caso especial de inferencia sintética comúnmente incluida dentro del modelo inductivo es el método abductivo. El método abductivo fue ampliamente desarrollado por Peirce a finales del siglo XIX (Peirce, 1974)¹³. *“En la inducción reparamos en que algunos individuos de una clase tienen cierto carácter en común, y generalizamos ese carácter al resto de los individuos no observados de la clase”* (Genova, 1996); sin embargo en la abducción se da un salto en la línea de razonamiento y se pasa a una analogía. Si en la inducción se amplía el conjunto de los individuos semejantes, en la abducción se amplía el alcance de la semejanza (Genova, 1996). Este tipo de razonamiento científico permite la generación de hipótesis. Posiblemente el ejemplo más conocido de Peirce (C.P. 2.623) es el de las judías que se describe a continuación.

Pongamos que tenemos en una habitación sobre una mesa varios sacos de judías:

¹³ (Peirce, 1974) *Collected Papers* de C.S. Peirce: son 8 volúmenes publicados entre 1931 y 1958, con posteriores reediciones, que recogen la principal obra del autor. Aquí se recoge en su forma habitual de cita: (CP x.y); volumen (x) seguido del número de párrafo (y).

https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Sanders_Peirce_bibliography

Deducción:

Sabemos que uno de los sacos tiene todas las judías blancas y nosotros cogemos un puñado de ese saco. Sin mirar las judías podríamos afirmar que son blancas.

Regla: todas las judías de este saco son blancas

Caso: las judías que tengo son de este saco

Resultado: las judías que tengo son blancas

Hemos aplicado una regla a un caso para establecer un resultado: es una deducción necesaria que se deriva de las premisas establecidas (regla y caso). Es un razonamiento explicativo puesto que lo que concluye está implícito en las premisas.

Inducción:

Ahora cogemos un puñado de judías de otro saco (del que no sabemos de qué color son las judías) y comprobamos que todas son blancas. Podemos inferir que todas las judías del saco son blancas.

Caso: las judías que tengo son de este saco

Resultado: las judías que tengo son blancas

Regla: todas las judías de este saco son blancas

Hemos inferido una regla general a partir de un caso y un resultado. La regla que hemos establecido no tiene necesariamente que ser cierta pero sí es posible. Este modo de razonamiento es ampliativo puesto que la conclusión no estaba implícita en las premisas.

Abducción:

En este caso observamos que hay un motón de judías blancas encima de la mesa. Inspeccionamos todos los sacos y comprobamos que uno de ellos contiene únicamente judías blancas. Conjeturamos que las judías provienen de este último saco.

Resultado: las judías que tengo son blancas
 Regla: todas las judías de este saco son blancas
 Caso: las judías que tengo son de este saco

Se ha realizado una inferencia a partir de un resultado y una regla. Esta conclusión no es necesariamente cierta pero sí posible y probable. Esta situación es la que se da habitualmente en las investigaciones de incidentes, accidentes, delitos, etcétera en la que se evidencian unos resultados y hay que resolver el caso. Otros autores (Taroni *et al.*, 2006) han presentado un esquema del razonamiento abductivo como sigue:

1. *E* es observado
2. *H* es un hecho que potencialmente explica *E*
3. *H* es posiblemente cierto

En la Tabla 12 se presenta esquemáticamente lo presentado anteriormente y la explicación gráfica se representa en la Figura 34 (Eco and Sebeok, 1989).

Tabla 12. Distinción entre los métodos de razonamiento.
 Basado en (Bonorino Ramírez, 2012)

Deducción	Inducción	Abducción
Regla	Caso	Resultado
Caso	Resultado	Regla
Resultado	Regla	Caso

Se ha comparado el razonamiento abductivo con la lógica de los detectives (Sebeok and Umiker-Sebeok, 1987; Eco and Sebeok, 1989) y este mismo método es empleado en otras disciplinas como en argumentación jurídica (Bonorino Ramírez, 2012) para la emisión motivada de sentencias en las que se relacionan los hechos con las causas (culpables es este caso). Entendemos que es un método que es de aplicación en el dominio complejo donde las soluciones a los problemas necesitan de creatividad, analogías y correlación de ideas diversas. De igual forma los métodos deductivos e inductivos son de aplicación en los dominios simple y complicado.

Figura 34. Triángulo de Peirce
 Esquema basado en (The Pennsylvania State University, 2017) de
 (Eco and Sebeok, 1989)

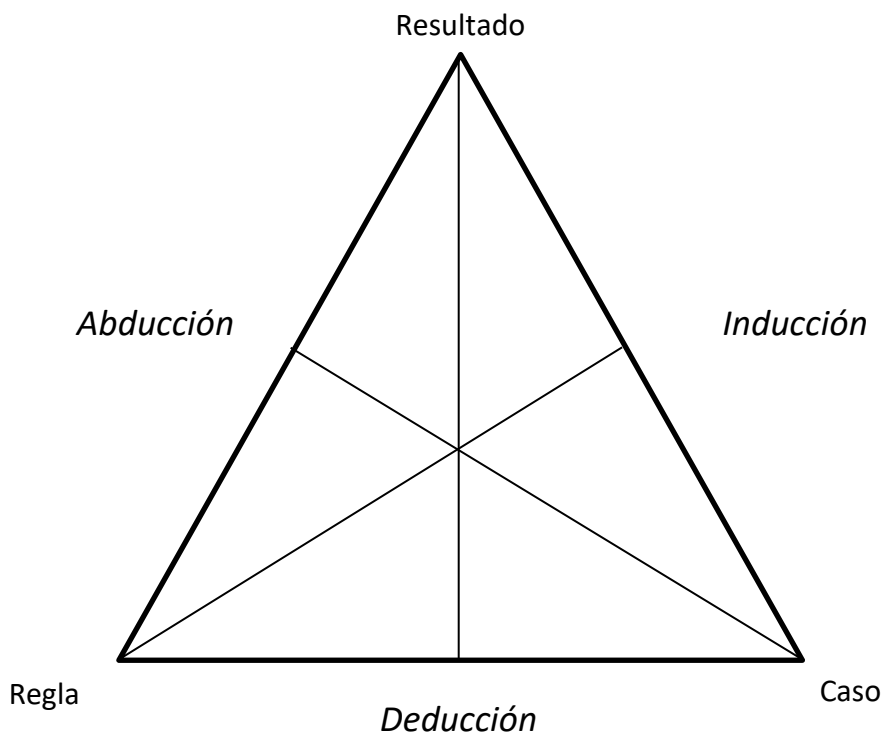


Tabla 13. Tipos de razonamiento y sus características principales

	Deductivo	Inductivo	Abductivo
Acción	Deducción	Inducción	Hipótesis
	Deduca	Generaliza	Conjetura
	Hecho	Posibilidad	Posibilidad
Emite	Argumento	Hipótesis	Hipótesis
Características	Analítico	Sintético	Sintético
	Explicativo	Ampliativo	Ampliativo
		Clasifica	Explica
			Intuición
			Eureka
			Creatividad
	Regla	Caso	Resultado
	Caso	Resultado	Regla
	Resultado	Regla	Caso
	De lo general a lo particular	De lo particular a lo general	Del efecto a la causa
		Aceptación de la hipótesis por medio de pruebas	Formación de hipótesis que expliquen hechos extraordinarios

Aunque en los ejemplos puede verse claro cada tipo de razonamiento, en realidad no es tan claro. El factor clave para reconocerlos es la fuerza la conclusión y las premisas (The Pennsylvania State University, 2017): *“mientras que en la deducción el resultado está garantizado, en la inducción, en el mejor de los casos proporciona una conclusión probable, y la abducción, dependiendo de la suposición, menos probable aún”*. El razonamiento abductivo, aun siendo en el que más incertidumbre presenta, es el que presenta más riqueza de ideas y nuevos conocimientos.

I.2.6. Criterios de clasificación de los problemas microbiológicos

I.2.6.1. Cadena de valor

La cadena de valor es una secuencia ininterrumpida de etapas de un proceso que enlaza desde la producción de leche en explotaciones ganaderas hasta el momento de consumo del producto. Dependiendo de que la causa origen del problema de calidad ocurrido se encuentre bajo el control de unos actores u otros podremos clasificar los problemas en: atribuidos, si surgen en etapas bajo en control de los proveedores; generados, si sucede en la propia quesería; o atribuidos, cuando el origen está más allá del control de fabricante (el producto está bajo el control de clientes y consumidores). Bajo esta perspectiva empleada en la gestión de la seguridad alimentaria (Francisco Polledo, 2002) clasificaremos los incidentes de calidad.

Adoptados

Los problemas adoptados son los que heredamos de los proveedores. Puede deberse a un control de calidad insuficiente o deficiente por parte del fabricante, por un aspecto no contemplado como crítico y no sujeto a inspección o también por la aceptación de un lote no conforme que da resultado correcto en la inspección (error tipo II). Este tipo de problemas son graves debido a que permanecen ocultos y tan sólo serán detectados mediante la aparición de una anomalía en el producto o el proceso, siendo realmente difícil establecer la relación causa efecto en la investigación posterior. En la

figura 57 se han representado dentro del dominio Simple como en el Caótico. En ocasiones la relación causa-efecto se puede establecer directamente y además la solución para prevenir su repetición suele ser fácil de implantar mediante el uso de las mejoras prácticas disponibles

como la introducción de un nuevo control adicional: respuesta sencilla a un problema Simple. Como vimos el paso del dominio Simple a Caótico puede darse de manera brusca (como la caída por un precipicio), en estos casos un problema adoptado puede generar un caos absoluto en la organización.

Generados

Los problemas generados son aquellos sobre los que la organización puede ejercer acciones directas en etapas bajo su control. Puesto que pueden existir problemas generados en los dominios Simple, Complicado y Complejo, la determinación del dominio en este caso requiere apoyarse en otras etiquetas que complementen la evaluación.

Atribuidos

Los problemas atribuidos tienen su origen en etapas posteriores al fabricante. Suelen aparecer ante incumplimientos de almacenamiento, transporte o uso por parte de distribución y consumidores. La característica principal es la dificultad para asignarlos a un dominio concreto si bien este tipo de problemas pueden desencadenar caos debido al desconcierto que generan. En todo caso los hemos representado en la figura 57 en el dominio Caótico frontera con Desordenado.

1.2.6.2. Origen

En este apartado emplearemos la terminología habitual del sector alimentario (FAO, 2002) para catalogar los orígenes de los peligros que puedan afectar a la salud. Adoptaremos esta misma terminología ampliando el alcance a cualquier origen de los problemas que pueda afectar a la calidad y además añadiremos la categoría de gestión en relación con los problemas que tienen su origen en la propia gestión de los procesos de las situaciones que desembocan en incidentes con pérdidas de tiempo y/o producto.

Físico

Todo lo relacionado con cuerpos extraños en los productos así como las dimensiones propias de la física tales como temperatura y tiempo.

Químico

Presencia en el alimento de sustancias en concentraciones que supera los límites legales o de autocontrol y además todos los orígenes de problemas que tengan relación con el campo de la química.

Microbiológico

Bacterias, virus, hongos y parásitos que estén presentes en el alimento de manera no intencionada o bien por encima de los valores establecidos.

Gestión

Todo protocolo inexistente, con deficiente diseño, diseño no ajustado al proceso o mal ejecutado operacionalmente que genera un problema de calidad.

1.2.6.3. Modo de detección

Externo y autodetección

Ambos modos de detección del incidente, desviación o problema permiten en principio asociar dicho problema al dominio Simple. Por definición la existencia de un control implica la gestión de dicho punto mediante el dominio simple y por tanto una desviación detectada sobre el mismo permite actuar de forma automática. Ejemplos claro son los controles sobre parámetros legales o los planes de control de calidad internos, sobre proveedores y sobre producto terminado.

Proactivo

La detección de problemas no previstos por parte del personal de la empresa y sin un control específico previo requiere de gran conocimiento del proceso y alto nivel de formación en los productos así como un dominio de los prerequisites de gestión y las políticas corporativas relativas a calidad y seguridad alimentaria¹⁴. Este tipo de detección no permite asociar en

¹⁴ Este punto aplica de forma transversal a todo tipo de políticas empresariales para la detección proactiva de incumplimientos que pueden poner en riesgo el negocio ya sean de índole legal, operativa o de gestión y que afecten a calidad, inocuidad, medioambiente, prevención de riesgos laborales, instalaciones, *food-defense*, etcétera.

principio el problema a un dominio concreto y es necesario tener en cuenta otras etiquetas en la evaluación.

I.2.6.4. Factores desencadenantes

El conocimiento exhaustivo de los factores que aplican a cada problema en cada empresa es clave para una correcta clasificación (Francisco Polledo, 2002), en este sentido toda organización debe tener elaborado de forma inicial el AMFE¹⁵ y el análisis de peligros conforme al APPCC¹⁶ que permitan conocer de antemano los potenciales peligros y fallos que se pueden dar en el sistema. Esta clasificación es previa a la aparición de los problemas y servirá como guía para la clasificación de los mismos dentro de los dominios.

Factores Determinantes

En este sentido los factores determinantes (FD) permiten una clasificación directa al dominio “Obvio” en el caso de confirmarse un defecto en la gestión del mismo. Igualmente podemos crear FD definidos como agrupaciones de factores concomitantes positivos (FC+), siempre que podamos confirmar que dicha agrupación contempla un elevado % de correlación con el control de proceso (es decir si la suma de FC+ agrupa un % suficiente como para establecer que un fallo en los mismos da con relativa certeza un fallo en el producto y viceversa.

Factores Concomitantes

Un problema asociado con estos factores podrá englobarse dentro del terreno de lo simple o lo complicado. Será necesario tener en cuenta otras etiquetas en la evaluación. Un caso particular es la agrupación de varios FC+, en este caso la gestión según el dominio simple sería la opción óptima.

¹⁵ AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos, normalmente nombrado como FMEA por sus siglas en inglés es una herramienta de análisis y clasificación de fallos potenciales y efectos que ocasiona. Fue diseñada por en la década de los 40 (U.S. Department of Defense, 1949), durante los 60 modificado por la NASA y posteriormente llegó al sector industrial de la aeronáutica y automoción.

¹⁶ APPCC: Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico, también conocido por sus siglas en inglés HACCP es una herramienta gestionada por el *Codex Alimentarius* y diseñada a partir de FMEA por la NASA para el programa espacial *Apollo* para asegurar la inocuidad de los alimentos que consumirían los astronautas.

Factores Accesorios

Los problemas relaciones con factores accesorios son de elevada complejidad debido a que no determinan en ningún sentido el éxito del proceso. Siempre que aparezcan este tipo de factores será necesario un abordaje por parte de expertos.

Factores no identificados previamente (\emptyset)

La aparición de factores que no estaban incluidos en los análisis AMFE ni APPCC de las fábricas genera gran incertidumbre y se requiere de un análisis pormenorizado. No permiten *a priori* establecer ningún dominio.

I.3. Resultados y discusión

I.3.1. Problemas en la elaboración de queso

En este apartado se presentarán los resultados del análisis realizado sobre los problemas descritos en la bibliografía y su estructuración por categorías siguiendo los criterios desarrollados en el apartado anterior.

En la bibliografía consultada el esquema desarrollado tiene dos orientaciones básicas: describir un defecto y detallar sus posibles causas, y detallar un defecto y establecer las soluciones. En el análisis se pretende dar un paso más de modo que se combinen ambos abordajes y además se pueda asociar para cada defecto/síntoma la etapa del proceso en la que aparece y la etapa en la que podría ser detectado. Junto a este análisis se pretende establecer en paralelo la posibilidad de que el consumidor detecte el defecto, y los parámetros que controlan el mismo en la etapa de aparición del problema.

El objetivo es poder categorizar los defectos según el efecto que ocasionan y según la categoría que afectan. También se desea poder establecer correlación entre defectos y etapas de proceso y sus variables de control. Por otro lado sería posible cuantificar el impacto económico y de imagen, de modo que se podrían establecer estrategias de actuación tanto para la prevención como para la detección.

I.3.1.1. Defectos de los quesos

El conocimiento de la elaboración de queso se lleva perfeccionando miles de años. Actualmente se tiene a disposición una abundante información del proceso, la mejor tecnología disponible y las mejores guías higiénicas: aun así no es posible garantizar que todos los quesos producidos sean de la más alta calidad y se debe a que un queso es un sistema dinámico que evoluciona con el tiempo (Guinee and McSweeney, 2007). “Por defecto se debe entender la carencia o disminución de algunos de los atributos de calidad específicos a la clase y tipo de queso que se trate” (Moreno, 1988). Los defectos y alteraciones de los quesos son un asunto recurrente que es abordado de forma parcial sobre cada uno de los atributos que son afectados. Existe consenso en catalogar los defectos según afecten a olor, color, sabor, estructura, consistencia, textura, forma, funcionalidad y aspecto exterior. Igualmente se

relaciona los defectos con los factores que aseguran la elaboración de un buen queso: estado higiénico de las ganaderías, la calidad de la leche, las condiciones higiénicas de elaboración y la tecnología empleada. Llama la atención como estos mismos conceptos ya están expuestos en la obra de Columela en el siglo I: *“el mejor queso es el que tiene menos ingredientes”, “se debe hacer de leche pura y lo más fresca que pueda ser”, “es muy importante que el suero de cuele y se separe de la materia coagulada”, “ se coloca en un sitio sombrío y fresco sobre tablas muy limpias”* (Columela, 1879). El modo de hacer el queso y los cuidados no han cambiado en gran medida; se ha aumentado el conocimiento sobre el proceso y los mecanismos. En todo caso los problemas en la elaboración de queso siguen siendo comunes a los maestros queseros de todas las épocas y diferentes tecnologías. El propio Columela aludía a *“De esta manera no salen con ojos, ni salados, ni secos. El primero de estos tres defectos suele resultar de haberlos comprimido poco, el segundo de haberles echado demasiada sal, y el tercero de haberse quemado al sol”*; los mismos defectos descritos en el siglo I se han identificado en los procesos actuales del siglo XXI con la diferencia que actualmente sí conocemos en gran medida los mecanismos y las relaciones causa – efecto. Se ha revisado la bibliografía actual tomando en especial análisis la obra de Múcio M. Furtado (Furtado, 2005) sobre la que se ha hecho una disección de los problemas conocidos en el sector queso clasificándolos por los síntomas e identificando las causas y factores que influyen en la aparición de cada problema. A partir del análisis de causa – efecto se ha asociado cada factor a una etapa del proceso en el que se produce y la etapa del proceso en la que es posible identificar el problema. Con todo ello se han identificado los puntos de control y los parámetros a controlar para bien identificar una desviación en el proceso o bien identificar que se va a producir con una determinada probabilidad un determinado defecto. Hay que indicar que los defectos analizados inciden principalmente sobre la calidad del producto y por tanto el abordaje está orientado a la calidad de los quesos y no a la seguridad de los mismos.

Sobre los datos recogidos en dicho trabajo previo hemos procedido a hacer un análisis, agrupación y categorización de los mismos con el fin de transformar la complejidad técnica de parámetros en una serie de categorías aplicables a la gestión. Así por tanto se han clasificado los orígenes de los problemas en las tres categorías clásicas empleadas en la reglamentación y prácticas del sector: origen físico, químico y microbiológico. Igualmente hemos categorizado los agentes causales estableciendo una clasificación con 4 categorías: prerrequisito, microorganismos, parámetros de procesos y composición de materia prima o producto final.

Por otra parte se han identificado los criterios que determinan la magnitud del defecto así como la detectabilidad del mismo: generación de gas, característica a la que afecta, etapa de aparición del problema, etapa principal de control y categoría del defecto. Atendiendo a la característica a la que afecta los defectos se categorizan en: sabor, visual, textura, viscosidad, composición de la leche, fabricación, uso, manchas, mohos y ácaros. Atendiendo a la categorización de los efectos: calidad de la leche, alteraciones organolépticas, manchas o decoloraciones y fermentación.

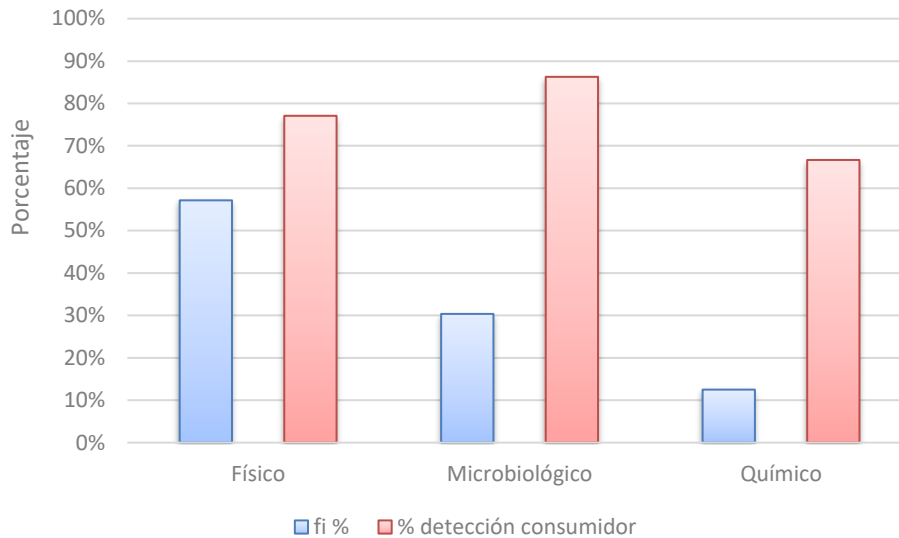
Se identifican 168 efectos sobre los procesos de fabricación de quesos, de los cuales el 79 % son potencialmente detectables por los consumidores; atendiendo a la definición inicial de problema (el consumidor no obtiene lo que espera) es razonable pensar que hay una alta probabilidad de que un defecto del queso que pueda ser detectado por un consumidor sea interpretado por el mismo como algo que no esperaba y por tanto conllevar una reclamación o una no satisfacción de la necesidad tal y como se esperaba. Por tanto se ha establecido como clave identificar los defectos que están en disposición de ser detectados como defectos que con alta probabilidad desencadenarán un problema en el corto o medio plazo.

Por otro lado se han categorizado los efectos teniendo en cuenta la incidencia que tienen sobre el rendimiento propio del proceso indicando si afectan o no al rendimiento: es de prever que los que afecten a rendimiento son intrínsecamente un problema de calidad en cuanto que afectan al resultado económico.

La combinación de “detectado por el consumidor” frente a “afecta a rendimiento” nos permitirá analizar cuán alineados pueden estar los esfuerzos por satisfacer el control sobre los aspectos financieros de la organización y los aspectos orientados al consumidor y usuario. Dada la gran cantidad de tipos de quesos existentes y con características en ocasiones opuestas, existe una dificultad adicional a la hora de establecer claramente lo que es un defecto de lo que es un atributo característico del tipo de queso particular. Existe por tanto una necesidad de delimitar claramente los problemas, estructurando el conjunto en categorías que puedan ser útiles al gestor de calidad o al jefe de producción.

Atendiendo al origen de la causa hemos clasificado los agentes causales (peligros) en tres categorías según el análisis clásico de peligros, siendo el orden ponderal por número de incidencias físico > microbiológico > químico. En las tres categorías la potencial detección por el consumidor es elevada siendo mayor en los problemas de origen microbiológico, seguidos de los de origen físico y por último de origen químico.

Figura 35. Frecuencia relativa teórica de los tipos de peligro y detectabilidad de cada categoría por el consumidor



Los peligros físicos que conllevan defectos en las fabricaciones están relacionados con los parámetros propios de los procesos tales como temperatura, tiempo, pH, concentración de oxígeno y humedad.

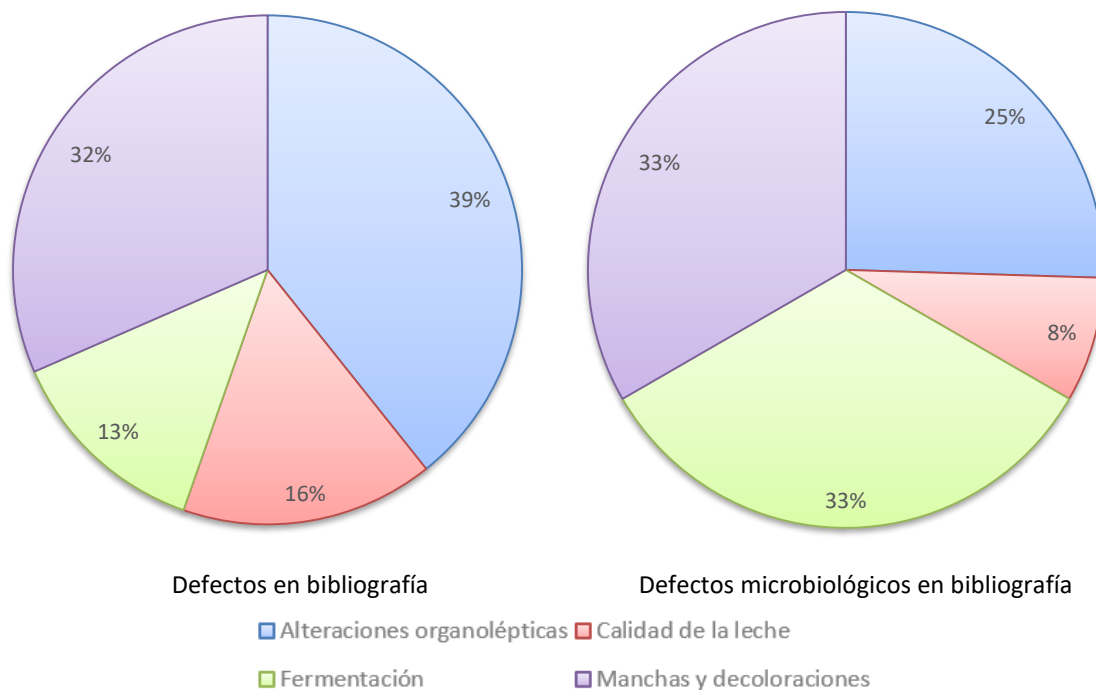
Los peligros químicos identificados están relacionados con sustancias no deseables en los productos: antibióticos, residuos de productos de limpieza y aniones y/o cationes en concentraciones no óptimas. Igualmente se deben a sustancias que de forma natural están en el producto y que evolucionan de manera no deseable: insolubilización de lactato cálcico y oxidación de tirosina. También se incluyen los efectos de las proteasas y lipasas.

Los peligros microbiológicos son los microorganismos presentes o los efectos de su acción sobre las materias primas y producto. Son bacterias, mohos y levaduras así como los metabolitos propios de su crecimiento, que modifican de forma no deseable el alimento. La baja tasa de posible detectabilidad por parte de los consumidores se ve compensada por la alta tasa de incidencia en el rendimiento productivo: el 60 % de los posibles errores no detectables por el consumidor conllevan pérdidas durante el proceso productivo.

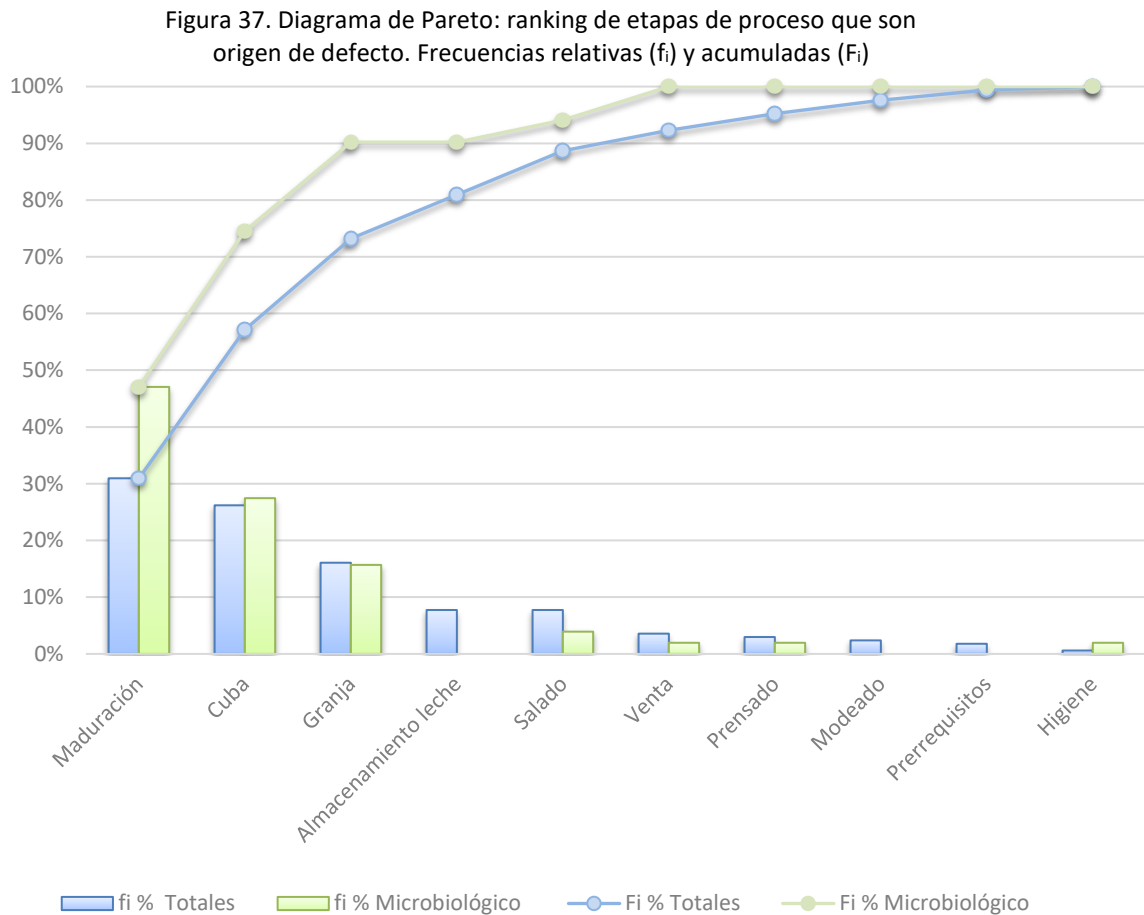
Del total de efectos analizados hemos establecidos 4 categorías siendo las alteraciones organolépticas y las manchas/decoloraciones las que mayor peso ponderal presentan, como se observa en la Figura 36. Estas dos categorías además tienen un alto ratio de detectabilidad por parte del consumidor que es cercano al 100 %. El hecho de ser las mayoritarias y ser

altamente detectables hace que sean objeto preferente de análisis en la propuesta de reparación y control.

Figura 36. Frecuencias relativas de las categorías de defectos



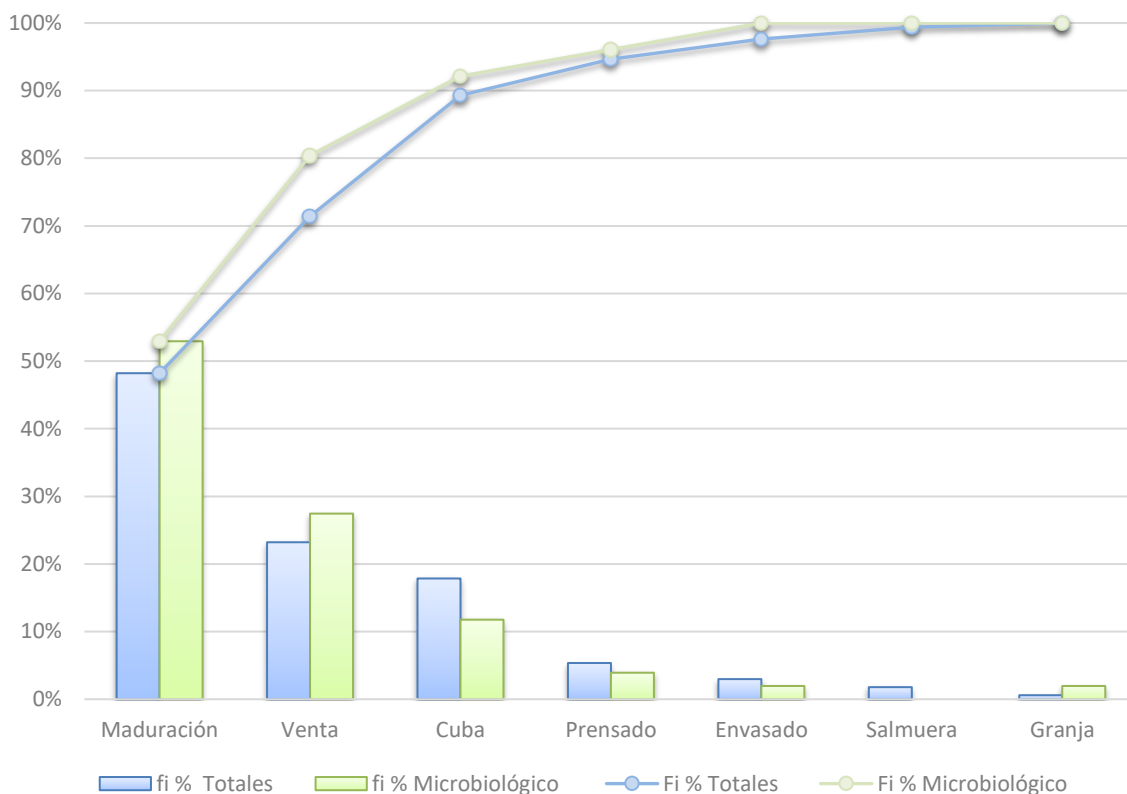
Atendiendo a la etapa del proceso donde aparece el defecto: del diagrama de Pareto de la Figura 37 se observa que tanto las etapas de maduración, operación en cuba, la gestión en granja y el almacenamiento de la leche representan el 80 % del total de defectos analizados. Además se hace visible que según avanza el proceso, entendiendo el sentido desde la granja hacia consumidor, más probable es la detección por parte del consumidor del defecto, siendo los defectos aparecidos en la etapa de maduración los que mayor índice de detectabilidad presentan y siendo además la etapa que ocupa la primera posición en cuanto el tipo de problemas posibles. Se puede interpretar que la etapa de maduración es crítica desde el punto de vista de potencial generadora de defectos y por tanto una de las etapas clave del proceso quesero. Numerosas empresas consultadas disponen de un puesto de trabajo específico para el cuidado y vigilancia de los quesos en estas etapas: el maestro afinador. La etapa de maduración y afinado del queso es uno de los puntos donde más valor se aporta al producto además de, como hemos indicado, ser potencialmente delicada en cuanto a la aparición de defectos.



En análisis y ordenación de las etapas en las que más defectos es posible detectar¹⁷ ha permitido determinar que el 90 % de los defectos son detectados en las etapas de maduración, en la propia venta del producto y en las operaciones en cuba como se presenta en la Figura 38. A la vista de este análisis y el anterior se evidencia la importancia de las etapas de cuba y maduración dado que son las que potencialmente pueden generar más defectos y además las etapas en las que es posible su detección (bien de los propios defectos de la propia etapa o bien de defectos generados en etapas anteriores). La etapa final de venta también es crítica en cuanto a la detección de defectos se refiere y puesto que está fuera del alcance del fabricante se debe hacer especial hincapié en la prevención de los defectos que sólo puedan ser detectados en esta etapa por cuanto la detección será del consumidor o bien del agente comercializador.

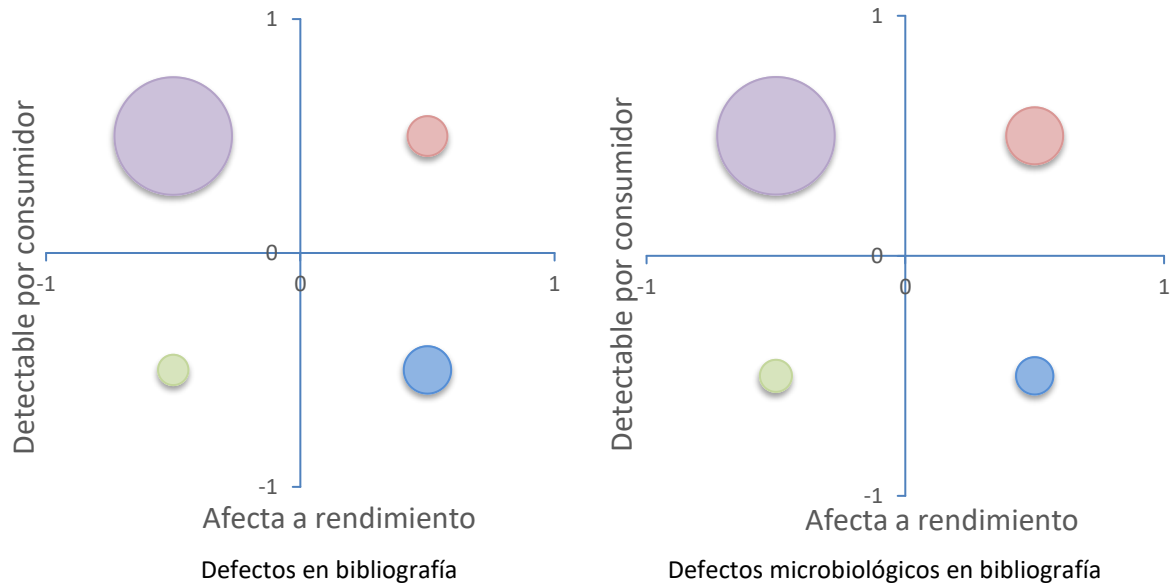
¹⁷ En este caso la detección se puede dar por cualquier método, tanto autocontrol interno, como inspección o reclamación.

Figura 38. Diagrama de Pareto: ranking de etapas de proceso en las que es detectable el defecto. Frecuencias relativas y acumuladas



La etapa de venta del producto está fuera del control de operador quesero y por tanto hay un riesgo alto de reclamación. Además sobre los defectos asociados a la etapa de venta hay un 100 % de posibilidades de detección por el consumidor lo que implica que el 23 % de potenciales problemas es susceptible de ser reclamado. Esta valoración es sobre la categoría; para una valoración real cada empresa deberá ponderar la frecuencia de cada tipo de problema para evaluar el nivel de riesgo que tienen en la etapa de venta. Del desglose del detalle de defecto/síntoma se observa que los defectos detectados en la etapa de venta son debidos a evoluciones indeseables de los productos una vez envasados tales como manchas, envases hinchados por fermentación, formación de precipitados en la superficie de los quesos o pérdidas de funcionalidad de los quesos por afinado excesivo. Una estrategia que se propone es el análisis de los factores desencadenantes de dichas evoluciones no deseadas para establecer medidas de prevención. El control no es posible dado que los síntomas aparecen una vez que el producto está en proceso distribución o venta.

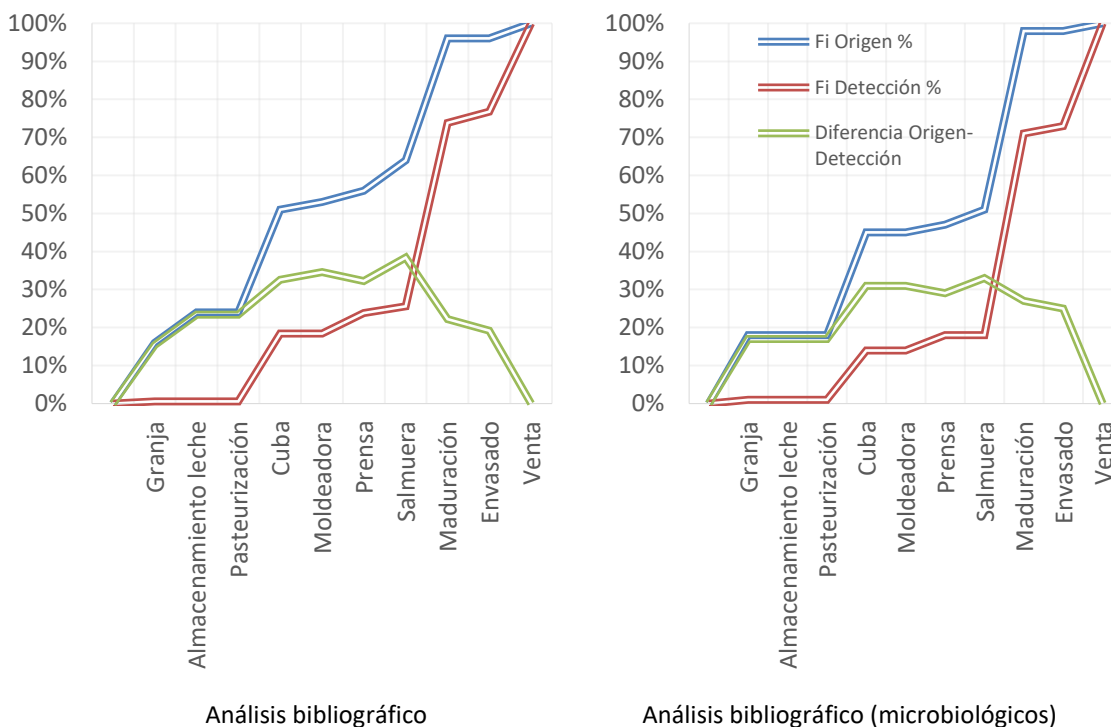
Figura 39. Matriz de clasificación de defectos en función de las variables analizadas afecta a rendimiento y detectabilidad por el consumidor



En la Figura 39 se representan las categorías en las que es posible clasificar ponderadamente al número de problemas tipo. Esta matriz permite priorizar, al menos desde el punto de vista potencial, sobre qué tipo de problemas sería necesario actuar en primer lugar. Se proponen como criterios de decisión el número de problemas por cuadrante y la categoría del cuadrante mismo. En nuestro caso el cuadrante superior derecho engloba los defectos que afectan al rendimiento y que son susceptibles de ser detectados por los consumidores; es el peor de los escenarios. Además el cuadrante superior izquierdo, si bien no afecta al rendimiento, si es detectable por los consumidores y adicionalmente engloba el mayor número de incidentes. Por lo tanto desde una orientación de satisfacción del consumidor se deberían abordar en primer lugar éstos últimos.

Se pueden representar los ratios de los porcentajes acumulados de detección y aparición para mostrar gráficamente la eficacia en la detección de los problemas.

Figura 40. Frecuencias acumuladas de defectos en porcentaje por etapa de proceso en sentido cronológico



La curva de diferencias indica el desfase entre la aparición y la detección que en el óptimo sería igual a cero. Este perfil teórico podría ser aplicado a los casos concretos de cada fábrica para establecer en qué etapas del proceso sería necesario incorporar controles adicionales y establecer acciones para determinar las causas. Tanto el perfil de defectos globales como el subconjunto de defectos microbiológicos compactan un perfil similar, como se puede observar en la Figura 40.

1.3.1.2. Incidentes en la cadena de valor

A lo largo del apartado anterior se ha presentado el análisis de los datos recopilados de fuentes bibliográficas y poblaciones especializadas del sector de elaboración de queso. Lo orígenes, las causas, las etapas de origen y detección, etcétera se muestran como marco general de trabajo puesto que todos los datos son sobre categorías de defectos o posibles defectos sin ningún tipo de cuantificación. En este apartado se mostrará el análisis de incidentes reales ocurridos en diferentes fábricas. Los datos se han tabulado asignando un identificador a cada evento y se han añadido categoría y etiquetas para su posterior tratamiento. Se ha seguido un modelo simple de entradas-proceso-salidas y un modelo de ordenamiento de los datos de causa-síntoma-efecto-defecto. Los modelos clásicos de

resolución de problemas efectúan el análisis en causa-efecto: este modelo de resolución operativa es necesario ampliarlo a la hora de diseñar nuevas estrategias de resolución y mejora. Todos los expedientes analizados corresponden a quesos de pasta prensada si bien son de diferentes ubicaciones geográficas y que elaboran tipos distintos de quesos. Se han tomado datos de fuentes bibliográficas, revistas del sector, testimonios de numerosos queseros del sector y de la experiencia propia del investigador. Los datos se han recolectado durante 4 años, desde 2012 hasta mediados de 2016 y en total suman 2 663 expedientes. Cada expediente se ha analizado cuando sido posible con la fuente origen para completar las etiquetas de la base de datos creada al efecto. Se han tratado de forma agregada todos los datos si bien sí existen diferencias de concepto en cuanto a No conformidades y Reclamaciones, siendo las primeras detectadas en etapas anteriores a la expedición del producto y las segundas en etapas posteriores a la expedición del producto y por tanto una vez que el fabricante deja de tener el control sobre el alimento. Se han recopilado 1 279 no conformidades de diferentes fábricas del sector: una no conformidad es un incumplimiento o desviación sobre un acuerdo o estándar o bien una situación no deseada ni planificada; todo ello detectado dentro del ámbito de actuación de la empresa. El mismo hecho comunicado por un cliente constituye una reclamación y mientras que éstas suelen estar orientadas al producto y sus usos, las no conformidades son muchos más amplias dado que afectan a todo el ámbito de la organización; en la medida que los consumidores y sus sociedades avanzan se dará una mayor coincidencia entre ambas e incluso en algunos ámbitos los consumidores pueden ir por delante de ciertas organizaciones que no han reaccionado con suficiente agilidad a los cambios sociales (ejemplo: medioambiente). Se han analizado 1 384 expedientes correspondientes a reclamaciones. Las reclamaciones tienen como características 1) que el producto ha salido del control del fabricante, 2) que la detección se realiza por personal externo a la empresa, 3) que es posible que el defecto denunciado sea atribuido, es decir, que se haya producido en etapas posteriores al control del fabricante y además por causas ajenas al mismo.

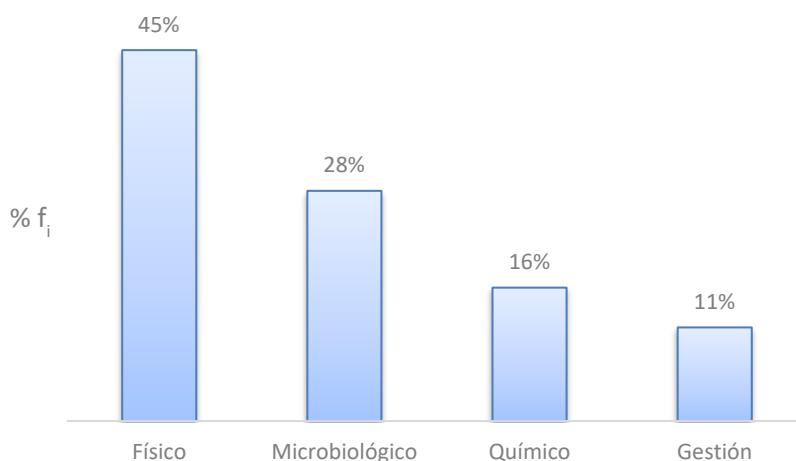
En el análisis de las no conformidades y de las reclamaciones debido a la sensibilidad de las empresas en la difusión de sus datos y en especial de problema interno, bien adoptada o bien generada, se ha hecho un tratamiento agregado de los datos de modo que se ha realizado la categorización de cada incidente. Este tratamiento agregado de los datos asegura por un lado la confidencialidad pero por otro determina la imposibilidad de conocer de forma individual

los problemas concretos. Finalmente todo ello limita la búsqueda de correlaciones que podrían ser útiles para extraer conclusiones destinadas a la mejora de los sistemas de gestión. El análisis completo de los 2 663 expedientes ha permitido conocer qué tipo de problemas existen, en qué etapa se detectan, en qué etapa se generan, sobre qué afectan y cuáles son sus consecuencias.

Origen de los problemas en los procesos

Del conjunto de expedientes analizados se han ponderado los orígenes con relación al número de ocurrencia de los mismos. El ranking de importancia coincide con el calculado de forma teórica presentado en la Figura 35.

Figura 41. Frecuencia relativa de los tipos de peligro en los incidentes analizados

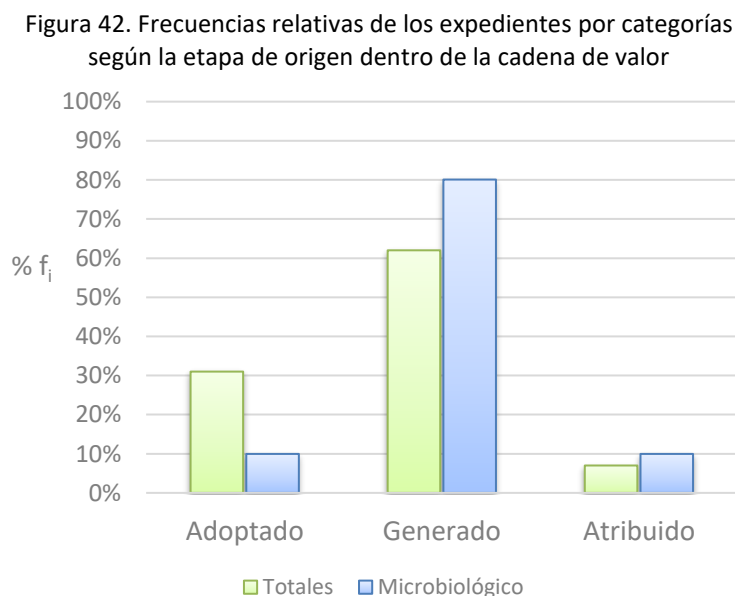


Los peligros físicos destacan claramente del resto con un 45 % del total. Dentro de cada categoría podemos destacar los principales efectos:

- Físicos: Organoléptico, cuerpos extraños y averías
- Microbiológico: moho, fermentaciones anómalas
- Químico: presencia de inhibidores en leche de recogida
- Gestión: relacionado con errores de gestión de pedidos y mercancía defectuosa en transporte.

Aparición de los problemas en los procesos

Los problemas adoptados son heredados de los proveedores y deben ser resueltos o detectados con anterioridad al empleo en los procesos productivos. La elaboración de una lista de posibles peligros adoptados es básica en la elaboración de una estrategia de control de proveedores (Francisco Polledo, 2002); la enumeración de los posibles problemas permitirá establecer controles y medidas correctivas y de supervisión; la cuantificación del riesgo (probabilidad de ocurrencia y consecuencias) permitirá además ordenar dichos problemas para establecer prioridades de actuación. La lista de problemas adoptados se puede elaborar a partir del histórico de no conformidades detectadas a los proveedores junto con la aportación propia de los mismos. Se debería tener en cuenta en estas evaluaciones que los proveedores son los mejores conocedores de sus productos. El empleo de herramientas generadoras de escenarios permitirá valorar las consecuencias de eventuales defectos ocasionados por una materia prima suministrada. La presentación de los datos de problema adoptados se corresponde con los que efectivamente se han detectado en los controles de inspección de las empresas cliente y que por tanto no han entrado de forma efectiva a formar parte del proceso de elaboración.



En nuestro análisis hemos identificado que el 31 % de los incidentes totales se debe a problemas adoptados y principalmente (61 %) relacionados con los suministros de leche. Que la leche sea protagonista no es sorprendente teniendo en cuenta que el queso se elabora con

99.9 % de leche y que por tanto el resto de materias primas son secundarias y muchas de ellas residuales. Puede sorprender sin embargo que casi un tercio de los problemas sean adoptados y por tanto poco se puede hacer si no agravarlos durante el resto de la cadena de valor. El sector quesero mantiene una relación simbiótica con el mundo ganadero: en general un centro lácteo hace recogida diaria o cada 48 horas de la leche a los mismos ganaderos durante toda la campaña y en el caso de las empresas consultadas lo habitual es que un ganadero sea suministrador de la misma quesería durante años. Esto permite establecer relaciones de mutua confianza y cooperación para analizar las desviaciones detectadas y diseñar estrategias de mejora. El alto porcentaje de incidentes relacionados con la leche de recogida se relaciona en este caso con el control 100 % que se realiza en los centros lácteos y que es prescriptivo según la reglamentación. El otro gran apartado, a gran distancia del primero, de problemas adoptados del conjunto global son los defectos en envases (17 %): en este caso la funcionalidad del envase, que es principalmente alargar la vida útil, se ve reducida y genera un problema a medio plazo (cuando el producto ya está en fase de venta). Esta situación es radicalmente diferente al caso anterior de los proveedores de leche: normalmente la quesería tiene un tamaño relativamente similar o más grande que el ganadero lo que favorece el entendimiento y la generación de presión para resolver los problemas que vayan surgiendo; en el caso de los proveedores de materiales de envasado, las fábricas de queso son relativamente mucho más pequeñas y por lo tanto su capacidad de presión y negociación se ve claramente mermada. A este hecho se le une la concentración del sector de proveedores de envases que ha sufrido varios procesos de concentración y las empresas suministradoras además de ser muy grandes en tamaño son pocas en número.

Otros de los problemas adoptados detectados son ineficiencias de gestión en los pedidos, el retraso en las entregas, cambios de especificación, errores operacionales, mercancía dañada en el transporte, materia prima no estándar y materia prima en mal estado. Las empresas deben poner especial atención en los problemas que se generan en etapas posteriores a su control y que son también adoptados aunque en el flujo físico ocurran con posterioridad a la expedición hacia cliente: es el caso de deterioro de la mercancía en el transporte hasta cliente; este es un caso en el que un proveedor de servicios puede generar un problema a nuestro producto o servicio (retrasos, deterioro, falta de mercancía,...) que será detectado por el cliente y en el que el fabricante tendrá mayor dificultad en el establecimiento de medidas de control para asegurar su eficacia.

En el contexto de los incidentes de origen microbiológico el peso de los expedientes adoptados disminuye hasta un 10% y están fuertemente correlacionados al igual que ocurre con los globales con la recepción de leche en los centros lácteos.

Entendemos que las estrategias de abordaje de los problemas adoptados pasan por establecer relaciones de cooperación a largo plazo con los proveedores e incrementar la presión de control en los puntos clave que estén sin resolver. El establecimiento de unos plazos así como de las consecuencias de incumplimiento repetitivo deberá estar acordado como parte del plan de actuación.

Los problemas atribuidos se definen como los que se genera en etapas posteriores al control de fabricante y además en los que el fabricante no tiene responsabilidad en la generación del problema por error, omisión o negligencia. Los problemas atribuidos representan el 7 % del total de expedientes analizados y el 10 % en el caso de los de origen microbiológico. Los problemas atribuidos están relacionados en un gran número de expedientes con la discrepancia entre lo que el consumidor esperaba del producto y lo que obtiene. En estos casos si bien el producto es conforme a lo ofertado y se corresponde con el etiquetado, el consumidor no se ve totalmente satisfecho. En otros casos analizados el problema surge al no hacerse un uso del producto acorde a las instrucciones del fabricante; ejemplo de este tipo están relacionado con la rotura de envases por apilamiento y transporte incorrecto, moho en producto por sobrepasar el tiempo de almacenamiento recomendado o evolución del sabor, textura y olor del producto por no mantener correctamente la cadena de frío. Sobre los problemas atribuidos podemos establecer medidas que permitan anticiparnos y evitar que sucedan los mismos eventos que los que las empresas tengan analizados en su histórico.

Los problemas generados representan el 62 % de todos los incidentes analizados y el 80% de los expedientes de origen microbiológico. Este tipo de problemas son los que se producen en los procesos propios de la organización analizada y es de vital importancia conocerlos en profundidad dado que es sobre los que podemos establecer verdaderas acciones correctivas de forma directa que eviten su recurrencia. El 30 % de los problemas generados se debe a la presencia de moho en el alimento y un 25 % a producto no estándar. Los datos presentados son un agregado de todas las empresas y expertos consultados por lo que no representan la situación concreta de ninguna organización. En todo caso la propuesta en esta investigación es seguir unas pautas comunes: registrar incidentes, clasificarlos, conocer sus causas y efectos y elaborar un ranking que permita establecer prioridades y asignación de recursos para llevar

a cabo las acciones. De modo general se podría interpretar, con base en los datos de problemas generados, que sería necesario conseguir un mejor conocimiento y control de los procesos productivos que permitieran por un lado evitar la aparición de moho, o bien su detección temprana, y por otro establecer indicadores de proceso que permitan garantizar que el producto se mantiene dentro de unos estándares. En este punto nos encontramos con una de las principales características que más diferencian la elaboración de queso de otro tipo de elaboraciones y fabricaciones: los quesos son alimentos y “están vivos”, es decir que evolucionan a lo largo del tiempo y además dicha evolución es necesaria dentro del propio proceso de maduración y afinado. Esto dificulta la relación de indicadores de proceso de modo que, por ejemplo, conociendo el parámetro X hoy tengamos la seguridad de que dentro de 6 meses el producto será conforme, más teniendo en cuenta que la deriva del parámetro X dependerá del origen de la leche, de la estación del año de ordeño de la leche, de la temperatura, de la humedad relativa durante la maduración del queso, la propia biodiversidad de la microflora y un largo etcétera de factores. Un estudio realizado en una fábrica siguiendo la evolución semanal de diferentes tipos de queso y diferentes fabricantes confirma la gran heterogeneidad que a lo largo del año podemos encontrar en los quesos que se elaboran (Rodríguez, 2015, comunicación personal).

Los datos más relevantes a destacar de cara a establecer una estrategia frente a los problemas generados son:

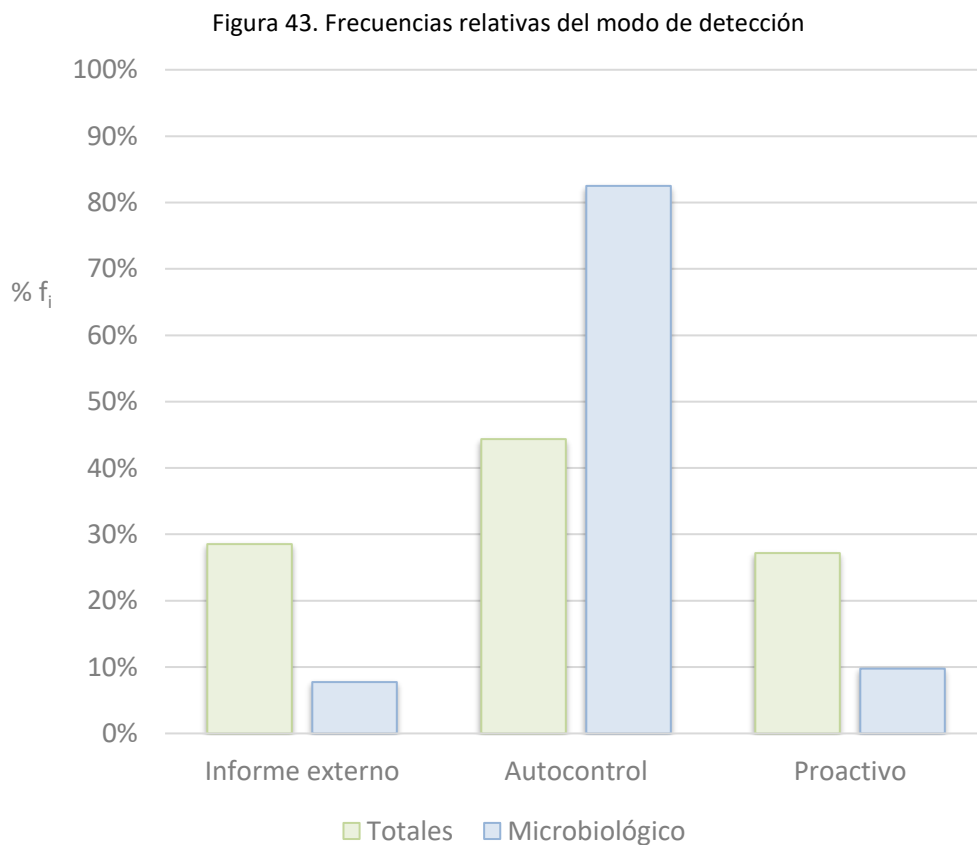
- El 93 % son relativos a calidad ocasionando pérdida en el 59 % de los casos: se justifica un abordaje exclusivo hacia la gestión de la calidad por una previsión de ahorro de costes elevada.
- Los problemas se centran en los semielaborados, los envases y los productos finales con un 17 %, 19 % y 49 % respectivamente.
- Mohos y producto no estándar como ya vimos son los principales efectos.
- Nos existen problemas generados de origen químico: este hecho puede explicarse por la implantación de prerrequisitos de seguridad alimentaria que demuestran ser altamente eficaces frente a los contaminantes químicos en las etapas de elaboración. Por tanto el foco se deberá poner en los peligros físicos y en los microbiológicos.

- Las etapas principales de origen de las causas son el envasado junto con etapas de proceso como la maduración, las operaciones en cuba, el prensado y el almacenamiento de la leche.
- Las etapas donde son detectados son en el envasado (17 %) y más allá del control de fabricante durante la venta (46 %) y el consumo (25 %).

Del total de expedientes se reparten equitativamente en número entre No Conformidades y Reclamaciones, manteniéndose además esta proporción en los 3 últimos años analizados.

Modo de detección

El modo de detección ha sido analizado por su importancia a la hora de valorar si los sistemas de planificación y control son eficaces y si tienen un alcance global. Las reclamaciones por definición son “informe externo” por lo que son excluidos de este análisis. Se analizan por tanto los datos relativos a no conformidades internas detectadas por los centros productivos. En los casos globales estudiados el 29 % de las detecciones son por “informes externos” y el 71 % restante detectado dentro de las organizaciones (44 % autocontrol + 27 % proactividad).



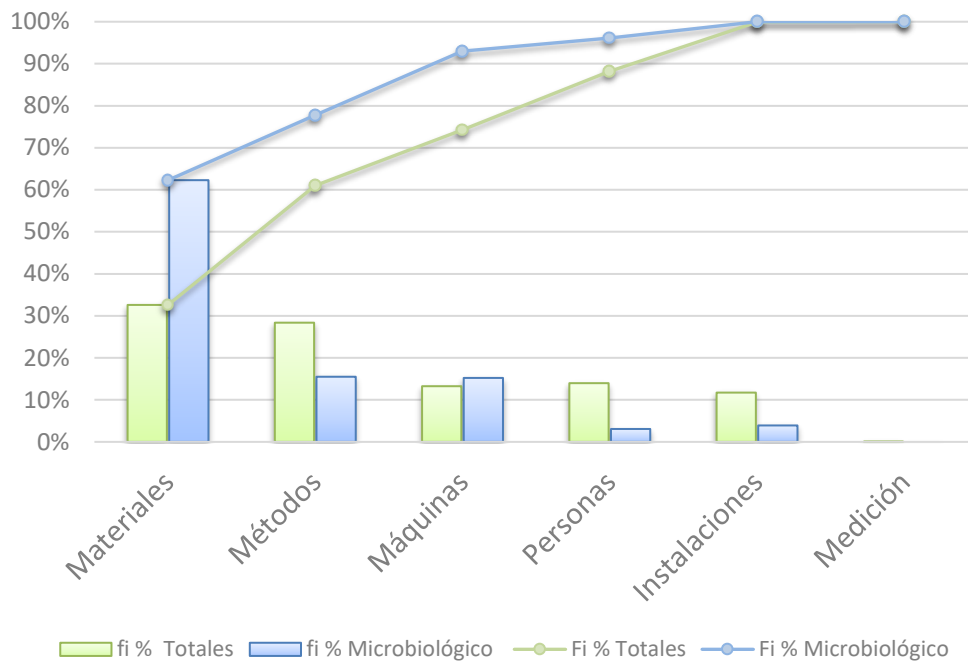
Los datos para la categoría de origen microbiológico difieren significativamente en las tres categorías siendo el autocontrol el modo principal de detección de problemas con un 83 % disminuyendo considerablemente tanto la detección externa como la acción proactiva. Se comprende que es coherente que el autocontrol sea la principal vía de detección dado que las empresas entrevistadas tienen implantados sistemas de control en sus etapas productivas. Los informes externos son de diversa índole y normalmente su origen está en los planes oficiales de control a los que está sometido el sector lácteo y que incluyen desde el análisis 100 % de todos los proveedores de leche, hasta el control de producto semielaborado y producto final. En este caso el 96 % de los informes externos son relativos a los análisis leche de los proveedores de los centros lácteos.

Por otro lado hay que pensar que en la detección de incumplimientos microbiológicos es necesaria una metodología específica aplicada por técnicos especializados. La detección proactiva cae a niveles muy bajos en estos casos debido a que sólo sería posible la detección tras un deterioro considerable del producto final o de la materia prima.

Origen de las causas

Sobre el origen de las causas se realiza una categorización sobre 6M con el objetivo de establecer un ranking de los factores principales y ver su distribución. En este caso existen diferencias en el subconjunto de las de origen microbiológico comparada con las generales. Los factores analizados para el conjunto de expedientes no presentan una estructura clara con respecto a cuál de los factores es el predominante. En los expedientes de origen microbiológico se puede relacionar más del 60 % de los incidentes con un único factor. En ambos casos el factor medición no es en absoluto relevante y presenta realmente un área de mejora.

Figura 44. Diagrama de Pareto de factores de las causas.



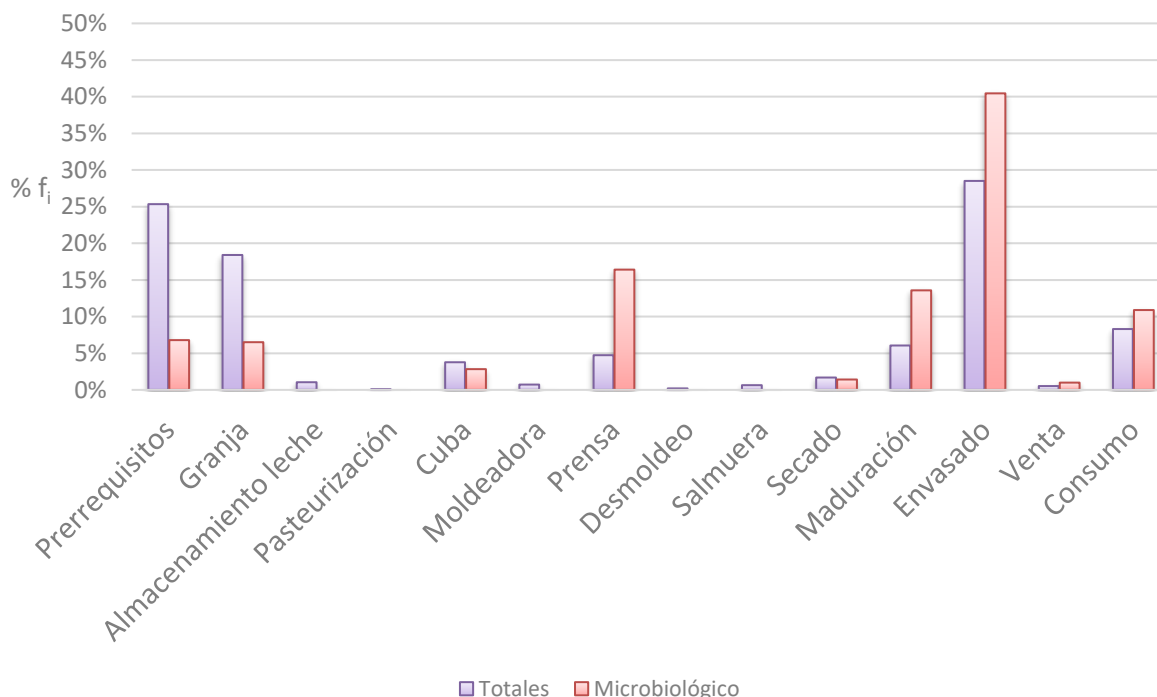
- **Materiales:** moho en materias primas, semielaborados o producto final.
- **Métodos:** métodos no completos o no aplicación correcta de los métodos establecidos que conlleva leche y producto fuera de estándar
- **Máquinas:** fallo de la maquinaria que conlleva producto no estándar y defecto en envases.
- **Personas:** desconocimiento de la gestión propia del proceso o errores de ejecución cuya consecuencia es una gestión adicional
- **Instalaciones:** no adecuadas, conlleva por deterioro la aparición de cuerpos extraños, producto no estándar y gestión adicional.
- **Medición:** de manera general no se han detectado problemas relativos a los sistemas de medición. En el conjunto global de expedientes se han identificado 2 en los que la causa se relacionaba con un error de un equipo de medida en uno y con un fallo en un cuadro administrativo de stocks en otro.

Etapas de aparición de las causas

Sobre las etapas de aparición de las causas, éstas se dan a lo largo de toda la cadena de valor, desde la granja hasta el momento de consumo. En un 10% de los casos estudiados no se ha

podido identificar la etapa del origen de la causa. Se detecta un desplazamiento en el tiempo del origen de los problemas microbiológicos lo que puede conllevar una detección tardía.

Figura 45. Distribución de frecuencias por etapas de proceso origen de la causa para el total de expedientes y el subconjunto de origen microbiológico



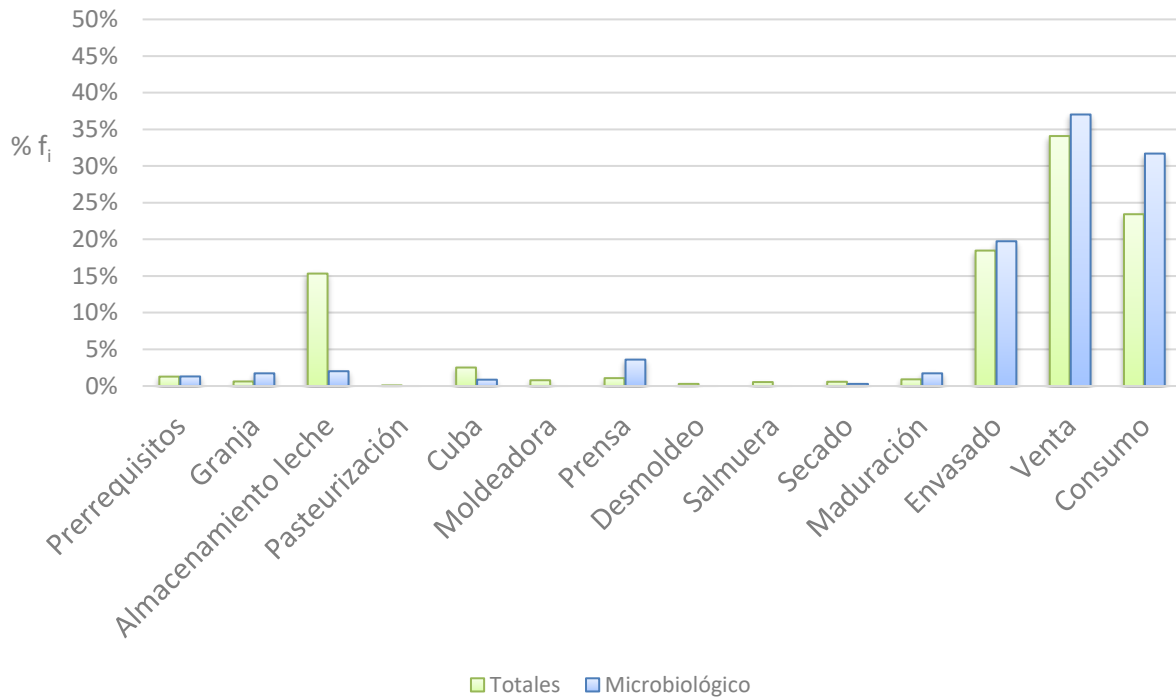
Etapa de detección del síntoma

Las principales etapas de detección son la recepción de leche en los centros lácteos, el envasado de los productos, la venta y en el consumo. Estas etapas coinciden con etapas en las que las materias primas y productos reciben inspección 100 % y en las que se detectan el 91 % de las incidencias:

- Los centros lácteos por disposición legal deben realizar control sobre el 100 % de la leche recepcionada. En este punto las empresas incluyen sus controles adicionales voluntarios.
- En el envasado y debido a las características del sector quesero existe una manipulación del 100 % de las piezas que se envasan con destino a venta.
- En el punto de venta la colocación de los envases en los lineales se hace de modo manual lo que permite una visualización del envase.

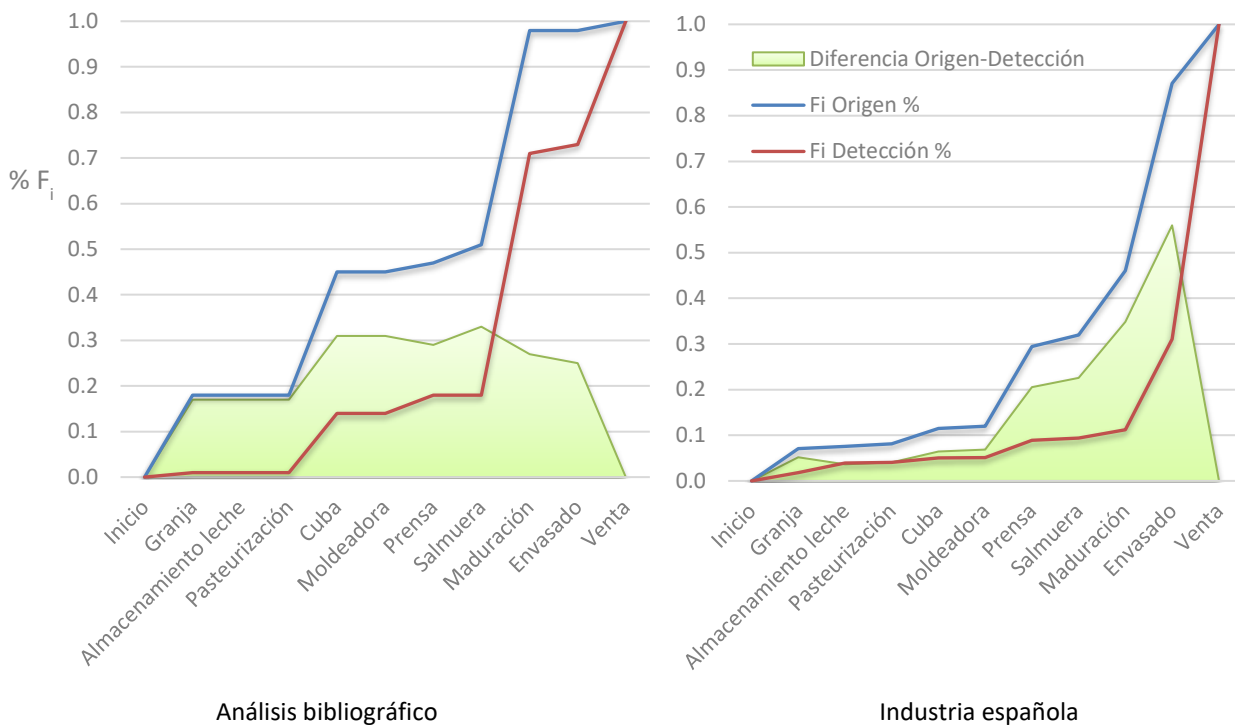
- En el momento de consumo existe por definición una inspección 100 % tanto del envase como del producto.

Figura 46. Distribución de frecuencias por etapas de proceso con detección de síntoma para el total de expedientes y el subconjunto de origen microbiológico



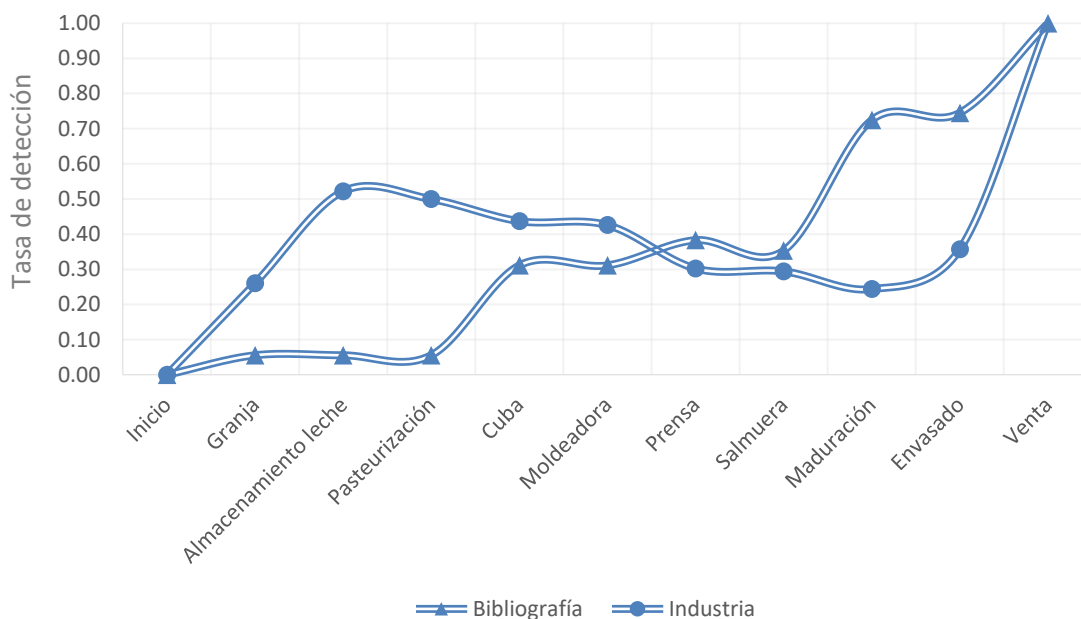
En la Figura 47 se representan las frecuencias acumuladas de detección en las diferentes etapas y se ha calculado la diferencia acumulada existente entre el origen del incidente y la detección en relación con los problemas de origen microbiológico. Las distribuciones de los datos presentan perfiles con varias diferencias. En los problemas de las industrias se comprueba que la detección en las primaras etapas es más eficaz que lo previsto en la bibliografía. Este hecho podría explicarse por los avances en técnicas de análisis, en la implementación en las industrias de herramientas de calidad y los requisitos legales en cuanto al control de leche en los centros lácteos. Por otro lado se puede evidenciar una tasa relativa mayor en los incidentes de industriales en las etapas de maduración y sobre todo de envasado. Este hecho se podría relacionar con los defectos detectados en la hermeticidad de los envases. En general la tasa de detección es buena no existiendo periodos de tiempo largos en los que las industrias no detectan sus problemas.

Figura 47. Frecuencias acumuladas en porcentaje de defectos microbiológicos por etapa de proceso en sentido cronológico



La tasa de detección de problemas en la bibliografía es una evaluación constante desde la primera etapa. No sucede lo mismo con la evolución de los problemas industriales. Se observa una diferencia considerable entre las tasas de detección, siendo más acusadas en la industria en las primeras etapas de control de la leche y perdiendo eficacia en el resto de etapas hasta llegar al envasado en el que se eleva notablemente de nuevo la tasa de detección, como se observa en la Figura 47.

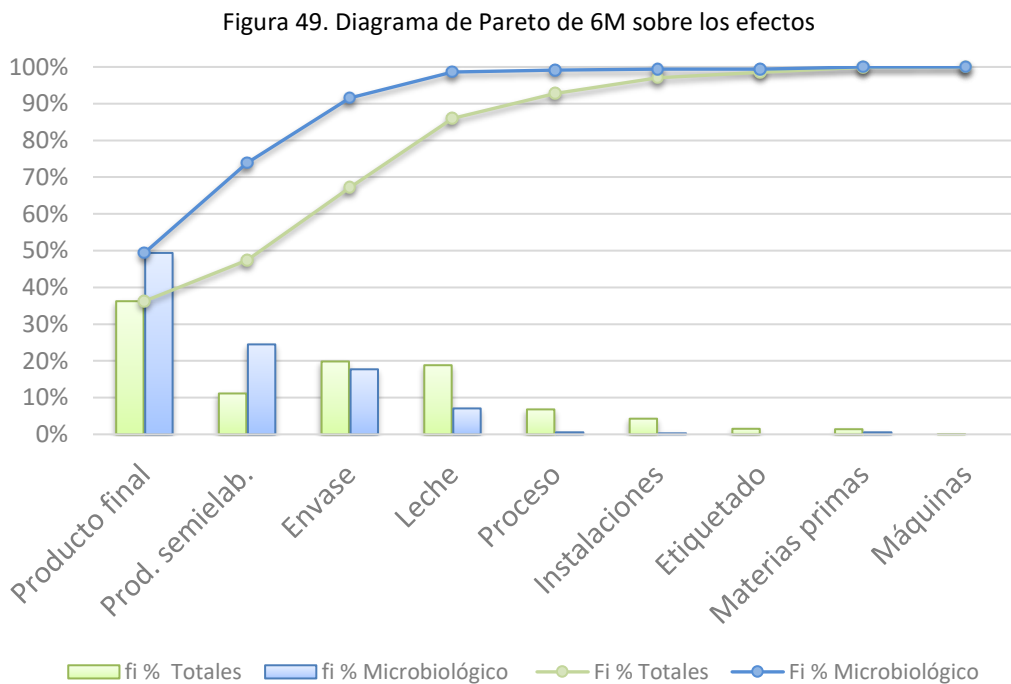
Figura 48. Tasa de detección de problemas microbiológicos en bibliografía e industria.



Efectos

Los efectos que tienen los incidentes sobre los procesos son, en su mayoría, la generación de productos fuera de especificación (75 %), defectos en envases (13 %) y gestión adicional (12 %). En el caso de los incidentes con síntoma microbiológico la práctica totalidad (99.2 %) tienen como efecto productos fuera de especificación.

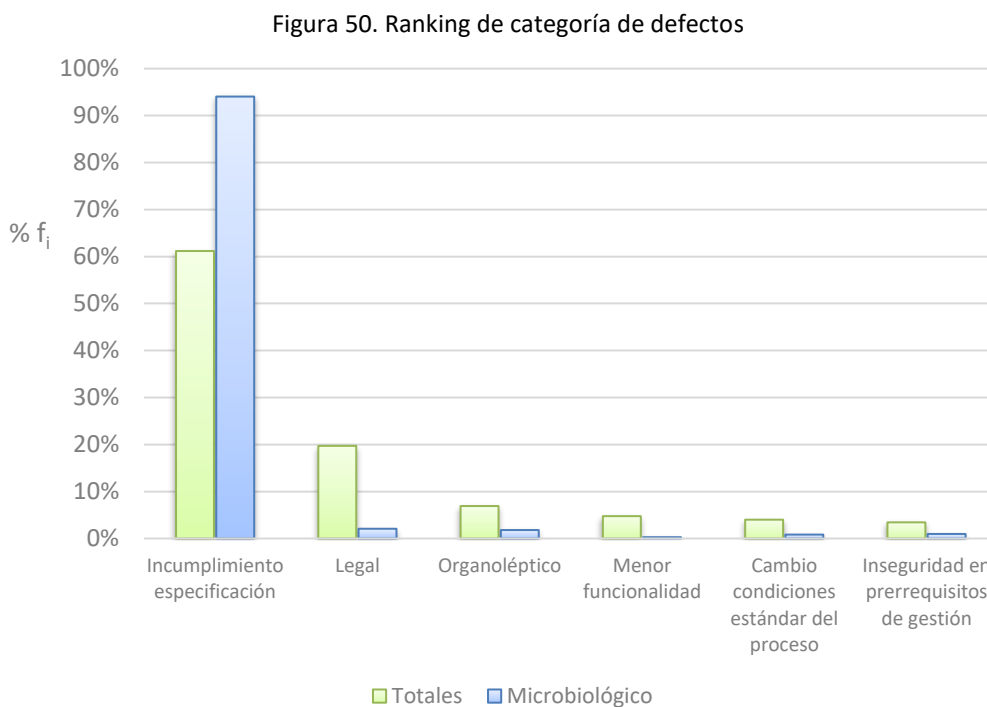
Los efectos producidos los analizamos y categorizamos según la herramienta 6M adaptada a nuestro alimento: mantenemos las categorías Instalaciones, Máquinas y Proceso (como prerequisites); eliminamos la categoría personas ya que éstas no se ven afectadas por los incidentes de calidad; descartamos también los Métodos; desglosamos Materiales en 6 categorías que nos permiten analizar en profundidad qué está pasando con nuestros productos.



Como se observa en la Figura 49, los efectos intervienen principalmente (86 %) sobre el producto final, los envases, la leche y los semielaborados. Los efectos microbiológicos intervienen como se esperaba principalmente (74%) sobre producto final y producto semielaborado.

Defectos

Los defectos que se ocasionan son principalmente incumplimiento de los estándares establecidos, ya sea una especificación técnica (61 %) o un requisito legal (20 %), como se muestra en la Figura 50. Son minoritarios los defectos sobre caracteres organolépticos, pérdida de funcionalidad, cambios en condiciones de procesos e inseguridad en prerrequisitos de gestión. Se destaca que la baja tasa de defectos organolépticos se debe a que están englobados en la categoría de incumplimiento de especificación puesto que un cambio organoléptico no está asociado necesariamente a un rechazo por parte del consumidor o de control de calidad del producto por su sabor, color, olor, etcétera sino que puede deberse dicho rechazo a un cambio sobre el estándar. Se ha categorizado como defecto organoléptico a los expedientes en los que se ha evidenciado una modificación clara de las características organolépticas resultando en producto no aptos para el consumo.



Categorías generales

De todos los expedientes que se han analizado el 80 % se corresponden con defectos relativos a la calidad y el 20 % a la inocuidad (Figura 51). La razón aumenta a 97:3 en el caso de origen microbiológico.

En ambos grupos la detectabilidad es muy alta: entre un 72 % y un 86 % de los casos para los generales y los microbiológicos respectivamente, podrían ser detectados potencialmente por el consumidor.

Figura 51. Frecuencia de casos por área temática

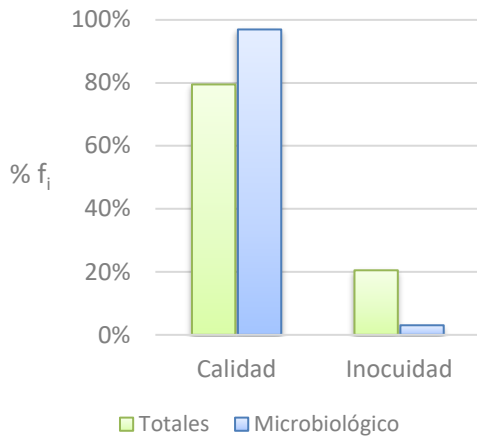
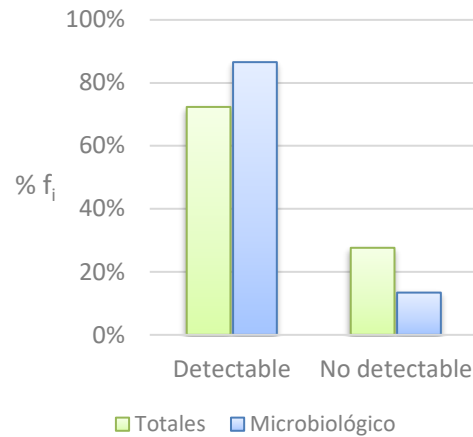
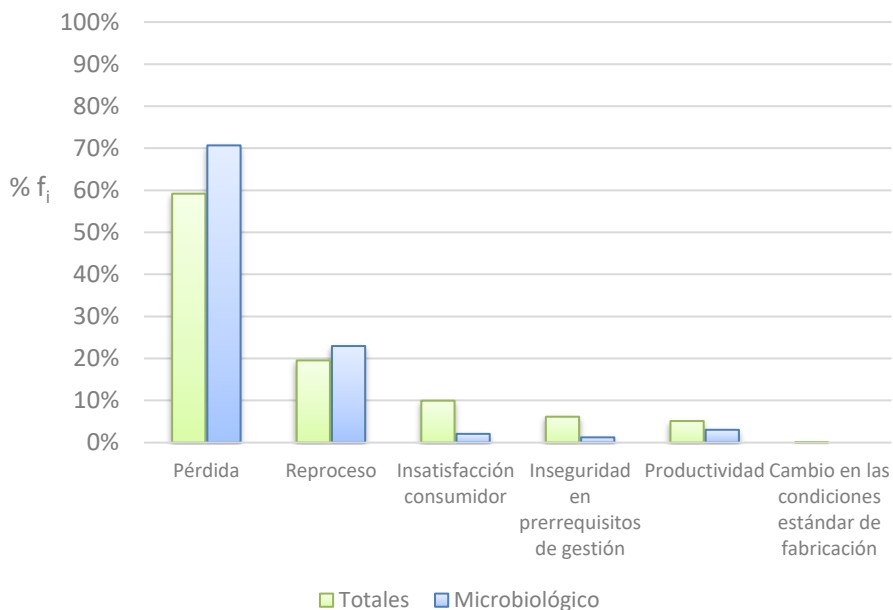


Figura 52. Frecuencia de casos por detectabilidad



Como consecuencias para el negocio, que generan pérdidas económicas directas, está la pérdida directa del producto, la necesidad de reprocesarlo y el descenso de productividad. Otro tipo de pérdidas intangibles pueden determinarse por la insatisfacción del consumidor, inseguridad en la aplicación de prerrequisitos de gestión o el cambio en las condiciones de fabricación.

Figura 53. Consecuencias para el negocio de los incidentes en la elaboración de queso



Los incidentes por defectos microbiológicos no son cuantitativamente numerosos en términos absolutos, como se presentó anteriormente y representan al 28 % de los totales. Además, de todos los expedientes relacionados con causas microbiológicas hasta un 52 % están relacionados con defectos del envase. Estos incidentes afectan realmente a pocas unidades envasadas; los trámites y la gestión son los mismos que para el resto de expedientes y por el contrario las pérdidas económicas son reducidas. Sin embargo por sus características intrínsecas los defectos ocasionados en las etapas de cuba, prensa y maduración pueden afectar a producciones enteras. Los reprocesos son por tanto de elevado coste y las pérdidas, cuando se producen, son cuantiosas. Centrándonos en las pérdidas, éstas son provocadas por las fermentaciones anómalas y las contaminaciones que conllevan: quesos hinchados, quesos rajados, ojos deformes, cortezas defectuosas, etcétera. Los mohos son el agente causal más frecuente que genera costes de reproceso y tratamientos adicionales aunque no generan pérdidas de producto.

Se ha realizado un análisis comparativo con respecto al riesgo relativo entendido como la razón de una determinada incidencia en el grupo de expedientes con origen microbiológico y la incidencia de la característica en el grupo formados por los otros orígenes. Hemos calculado los índices de riesgo relativo en relación a la detectabilidad por el consumidor, a la pérdida de producto y al reproceso que se muestran en la Tabla 14.

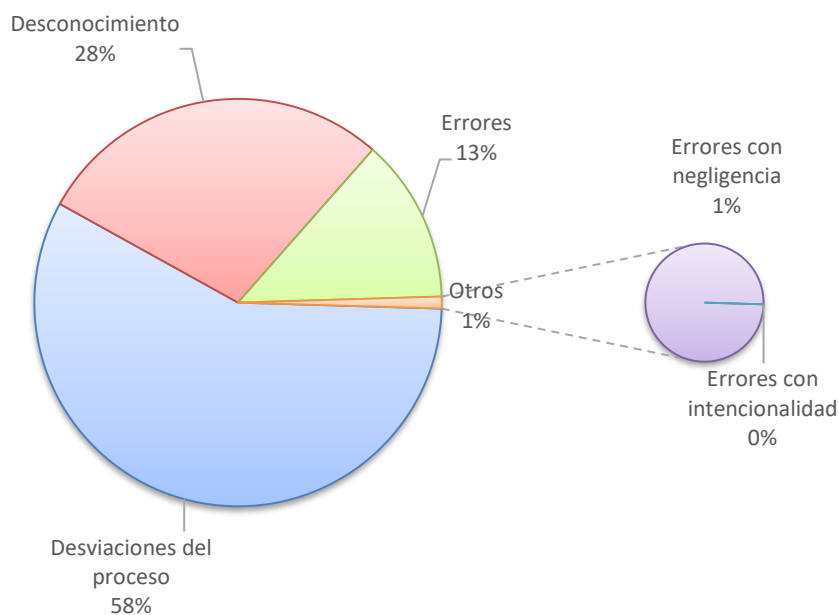
Tabla 14. Índice de riesgo relativo de los incidentes con origen microbiológico con respecto a los demás orígenes sobre detectabilidad, pérdida y reproceso

	Índice de riesgo relativo	Límite inferior 95 %	Límite superior 95 %
Detectabilidad	1.30	1.24	1.36
Pérdida	1.30	1.22	1.38
Reproceso	1.27	1.07	1.49

El índice de riesgo relativo tiene valores significativamente mayores que la unidad por lo que existe una asociación positiva significativa entre el origen microbiológico y las tres características analizadas. Esto implica que los incidentes con origen microbiológico tienen mayor riesgo que el resto de orígenes de ser detectados, causar pérdidas y generar reprocesos.

Con respecto a otros aspectos generales se ha determinado, a la vista de los resultados, que el 96 % de todos los incidentes son fundados, es decir, que una vez realizada una investigación preliminar de los síntomas denunciados se constata que el defecto existe realmente. Sin duda esto permite intuir que sería posible aumentar el nivel de denuncia puesto que hay una gran precisión en la identificación de problemas. Otro dato revelador que se muestra en la Figura 54, es que más del 99 % de los incidentes son a causa, bien de desviaciones de proceso, bien a desconocimiento, bien a errores. En menos del 1 % hay indicios de posible negligencia y en ningún caso hay indicios de intencionalidad. Estos resultados son indicadores a nuestro entender del compromiso e integridad ética de las personas que participan en el proceso en general y en particular de los manipuladores de alimentos.

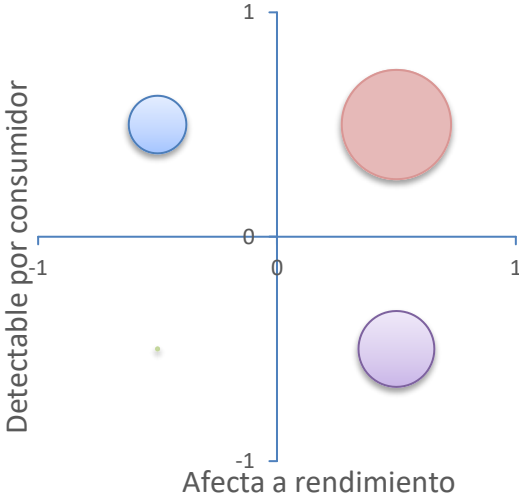
Figura 54. Causas del origen de los incidentes con la perspectiva humana. Frecuencias relativas en %



Las estrategias de actuación para atacar las categorías de causas dependerán de cada una de ellas. Así para desviaciones de proceso (máquina, materiales e instalaciones) procede aplicar las herramientas propias de la calidad industrial; para las relacionadas con el desconocimiento (métodos) y errores de personas hay que elaborar planes de formación y concienciación.

En el caso específico de reclamaciones se ha detectado que un 18 % no son imputables al fabricante.

Figura 55. Matriz de clasificación de los expedientes en función de las variables analizadas rendimiento y detectabilidad



En la Figura 55 se presenta la distribución ponderada de los incidentes analizados de forma global. Cabe destacar el elevado peso del cuadrante más crítico, el cuadrante I (afecta a rendimiento y detectable por el consumidor), debido a que las reclamaciones por definición son detectadas efectivamente por el consumidor. El número de incidentes que no afectan al rendimiento ni al consumidor representan el 0.1 % del total.

I.3.2. Clasificación de los problemas microbiológicos

Una de las principales limitaciones en la investigación de problemas es la aplicación de técnicas generales a todos los incidentes de calidad. Existen numerosas herramientas al alcance de los especialistas (Ishikawa, 1994; Tague, 2005; Gryna, Herrero and Juran, 2007) y que deben ser seleccionadas para emplearse según el contexto. La aplicación sistemática de los mismos principios a diferentes tipos de problemas genera una dificultad adicional que en gran número de casos es insalvable, dado que se trata de un sesgo de la propia herramienta de medición del problema. Las herramientas clásicas están desarrolladas y son efectivas en entornos discretos, en los que el sistema completo se ha estructurado en pequeñas etapas y actividades y en las que es posible descomponer los productos en piezas indivisibles. Desde este punto de vista una desviación de lo obtenido cabe enfocarse como una desviación de lo planificado bien por un cambio o un error. El punto de vista que se defiende en esta investigación coincide con dicho abordaje reconociendo que existe cierto recorrido de mejora; en los puntos en los que no es posible gestionar sistemas discretos, como puede ser el caso de un queso en su conjunto, es necesario establecer modelos continuos en los que la complejidad no se rige por una relación biunívoca causa-efecto. En estos casos podríamos incurrir en sobresimplificación al aplicar herramientas eficaces a contextos con un nivel mayor de complejidad que el alcance de la propia herramienta.

Como se ha presentado para cada incidencia particular, ya fuera predictiva según el análisis bibliográfico, o real según las experiencias de no conformidades y reclamaciones consultadas, se han asignado etiquetas que las clasifican según el tipo de origen (físico, químico, microbiológico) (FAO y OMS, 2011b), según el eslabón de la cadena en que se origina (adoptados, generados, atribuidos) (Francisco Polledo, 2002), según el modo de detección (autocontrol, externo, proactivo), etapa de detección y origen de la posible causa, etcétera. Esta clasificación permite clasificar cada incidente concreto en una propuesta de categorías que tendrán asociadas, cada una de ellas, estrategias diferentes de actuación y encaminadas a su resolución, reparación o prevención. Por otro lado las etiquetas relacionadas con los factores implicados (determinantes o concomitantes), los efectos y las consecuencias permitirán clasificar la gravedad del incidente.

Se ha hecho uso del modelo Cynefin como marco para clasificar los problemas surgidos en las industrias de elaboración de queso. Con base en los criterios de clasificación se podrá

asociar cada incidente de modo que podamos aplicar las herramientas más exitosas para cada dominio.

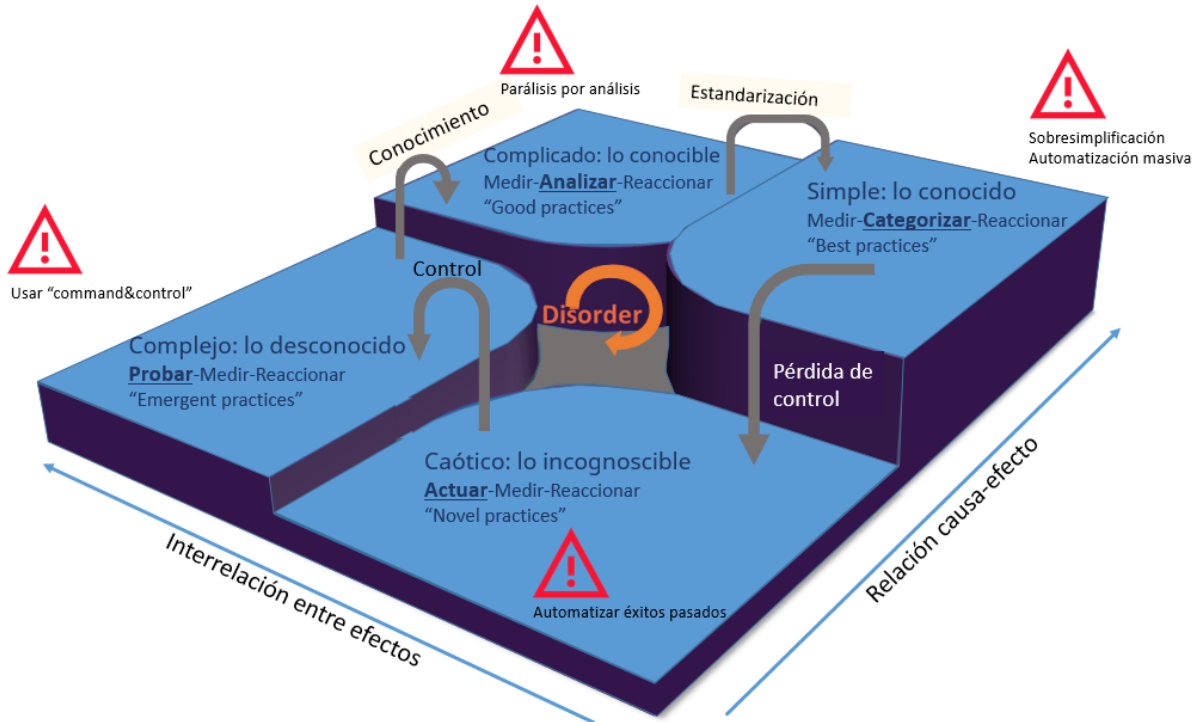
El resto de elementos de clasificación se aplican con posterioridad a la aparición del problema y nos servirán igualmente de guía para la clasificación. Alguna etiqueta será desconocida hasta el final de la investigación de cada incidente por lo que deberemos trabajar con hipótesis de partida y deberemos estar abiertos a modificación del dominio en función de la nueva información que se vaya generando. En este sentido se plantea la investigación de los incidentes como un proceso que es incremental en cuanto al conocimiento que aporta y que permite la iteración por cuanto permite reiniciar con diferentes condiciones de partida o modificando las existentes en un momento dado de la investigación.

Nuestra propuesta se basa en la representación gráfica de los componentes asociados a cada incidente de calidad; los componentes elegidos son complejidad (interrelación entre efectos) y orden (relación causa – efecto). Cynefin establece como dominios ordenados el dominio Simple y el Complicado, siendo Complejo y Caótico los dominios sin ordenar. El dominio Desordenado incluye las casuísticas que no hemos sido capaces de incluir en los otros dominios. Dichas casuísticas se deben descomponer en partes más pequeñas que sí puedan ser asociadas a los otros cuatro dominios (Snowden and Boone, 2007). A cada etiqueta de las categorías les asociamos un valor de complejidad y de orden que posteriormente representamos. Esta representación visualiza un marco teórico de trabajo sobre el que poder establecer las futuras planificaciones. A su vez la representación de cada incidente concreto permite decidir la estrategia de actuación en función del dominio que le asignemos tras la evaluación orden-complejidad.

1.3.2.1. Marco de clasificación

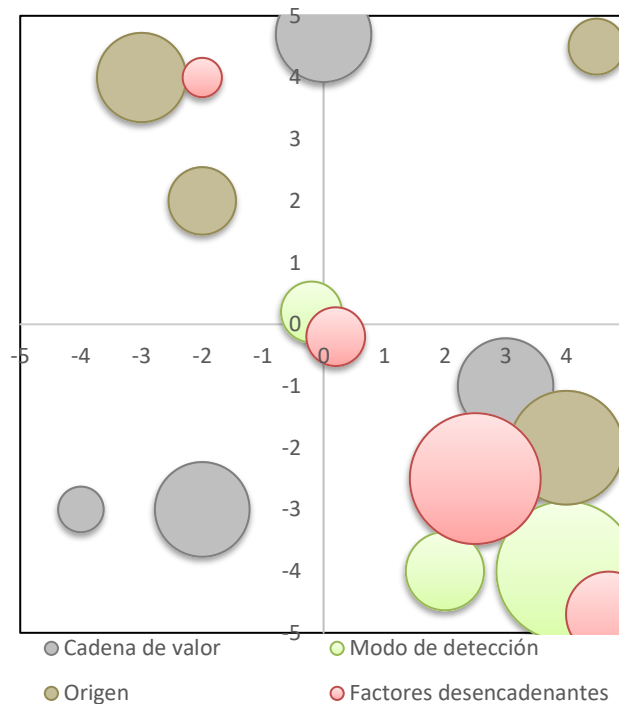
En la Figura 56 se representa la concepción de Cynefin en la que se ha bajado este trabajo. Se visualizan los 5 dominios con sus definiciones, características principales y acción predominante. De la misma forma se esquematiza el flujo lógico de transición entre un dominio y otro a través de sucesos o estrategias predefinidas. En triángulos rojo se resaltan los principales peligros de cada dominio.

Figura 56. Representación esquemática del marco de trabajo Cynefin aplicado en esta investigación
 Basado en (Snowden, 2010) y adaptado de (England, 2015)



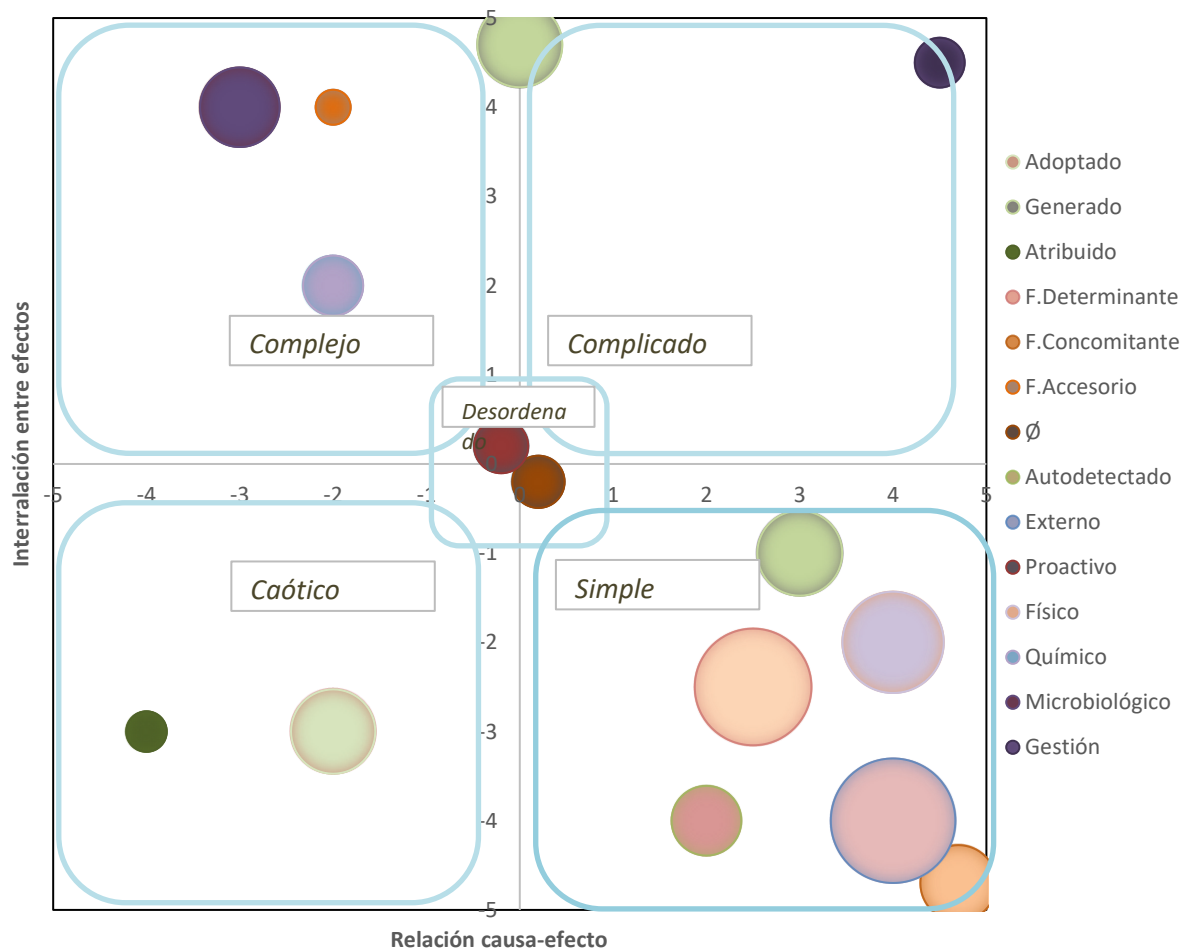
Una vez establecidas las etiquetas procedemos a la representación gráfica de los resultados.

Figura 57. Representación de relación causa-efecto (abscisa) e interacción entre efectos (ordenada) para cada tipo de etiqueta de clasificación. Dominio simple (cuadrante IV), complicado (I), complejo(II), caótico (III), desordenado (0,0)



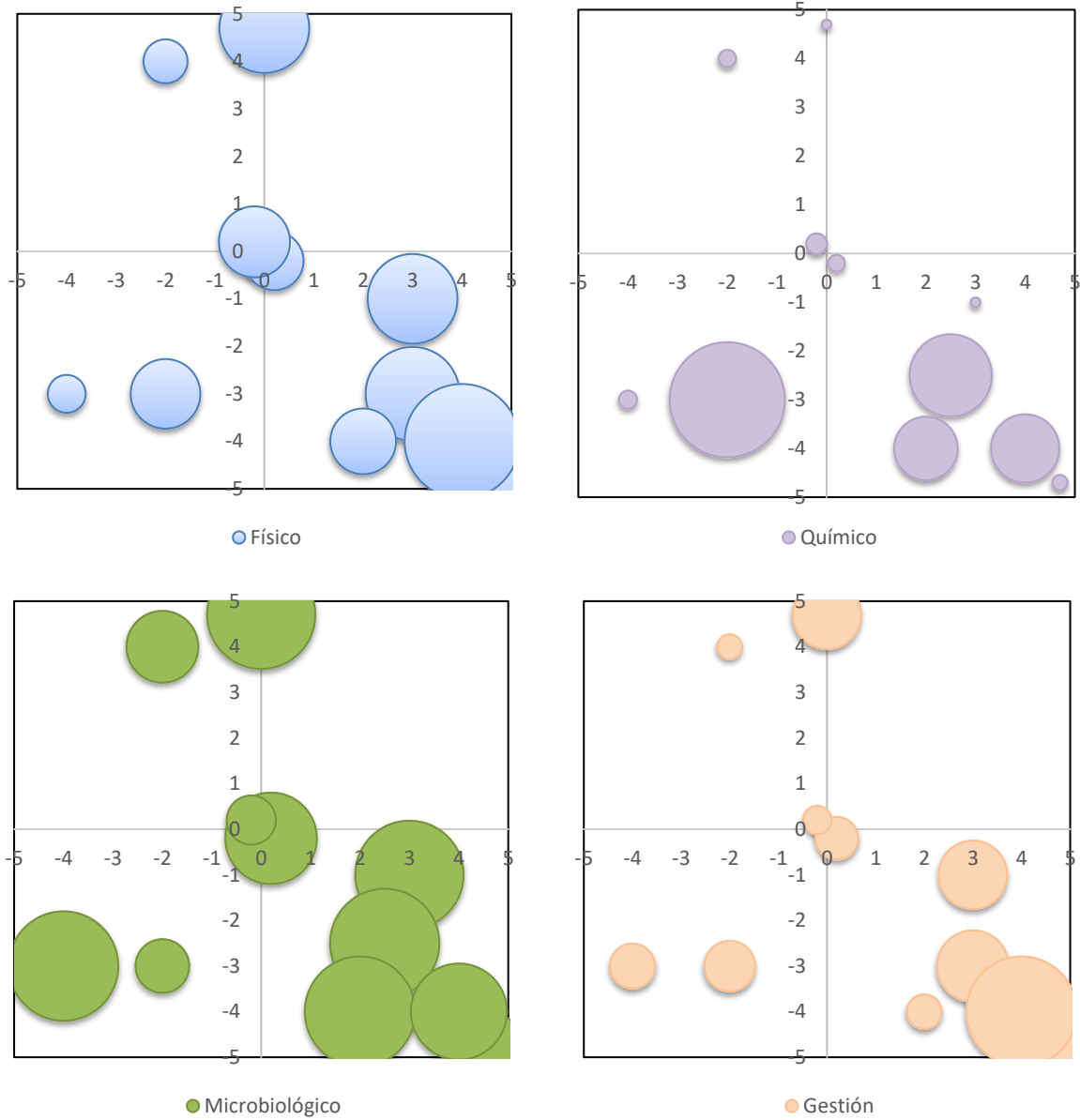
La clasificación aplicada a los 2663 expedientes analizados permite representar de manera ponderada el peso de cada etiqueta como se presenta en la Figura 58.

Figura 58. Representación ponderada del conjunto de los 2663 expedientes analizados



Los problemas englobados en el dominio simple podrían clasificarse como errores de operación y la estrategia óptima estaría encaminada a investigación en detalle de los protocolos establecidos para la detección del fallo. En este contexto las herramientas básicas de trazabilidad, análisis de línea de tiempo y auditoría serán suficientes.

Figura 59. Representación ponderada de todos los expedientes con el marco Cynefin adaptado: cada gráfica representa un tipo de origen de los peligros. Relación causa-efecto (abscisa) e interacción entre efectos (ordenada). Dominio simple (cuadrante IV), complicado (I), complejo(II), caótico (III), desordenado (0,0)



I.3.3. Herramientas de gestión

Como se ha descrito en la introducción de este capítulo existen numerosas herramientas para la gestión de la calidad de probada eficacia.

En este apartado se realizará un análisis de algunas de ellas que se han valorado como especialmente útiles para el abordaje de la calidad en industrias alimentarias, se examinarán y redefinirán algunos de los conceptos en los que se basan y se realizarán modificaciones que se ha valorado mejorarían los resultados de su aplicación en este tipo de industrias.

I.3.3.1. Definición de un problema en la industria alimentaria

Para el ámbito de trabajo de esta investigación se ha tomado como definición de problema la falta de correspondencia entre lo observado y lo esperado. Los problemas surgen por tanto cuando lo observado no corresponde con lo esperado. En este sentido problema será cualquier situación en la que el flujo normal de la secuencia de un proceso no pueda seguir sin provocar potencialmente daños mayores en el futuro, el resultado de la secuencia normal de un proceso que no rinda los productos que se habían planificado o la falta de concordancia del consumidor con su expectativa de uso de un producto. Este último punto es de especial interés ya que implica que el producto final puede cumplir la especificación técnica pero no da satisfacción a la necesidad para la que se ofrecía. La detección de un problema puede darse en cualquier momento a partir de que el problema sucede, siendo normalmente más grave a medida que avance en el tiempo/proceso.

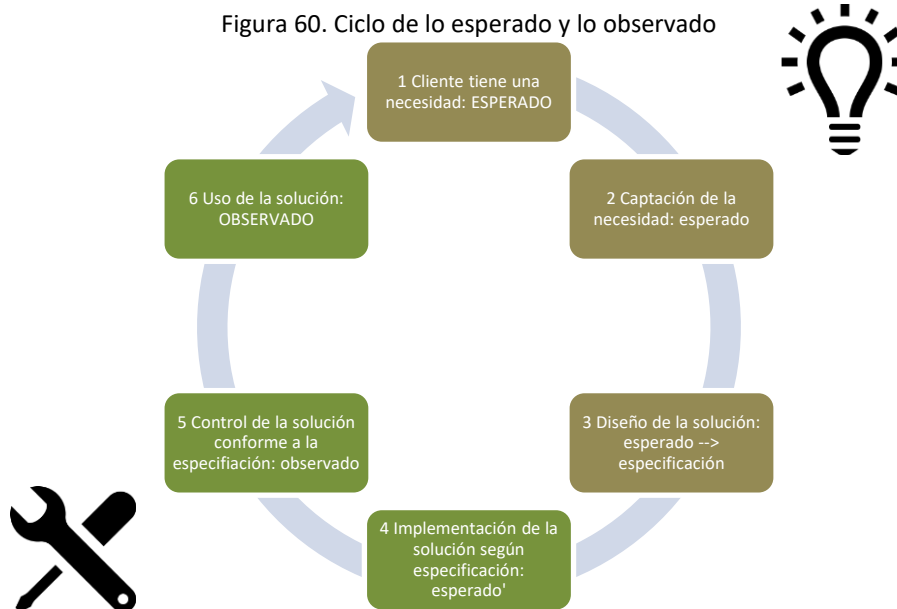
Por lo tanto tenemos 3 conceptos asociados: lo esperado, lo observado y la detección. Lo esperado es lo que queremos obtener, lo planificado. Lo observado es lo que realmente obtenemos, lo ejecutado o realizado. Si en algún momento del proceso se realiza una comparación o medida se podrá hacer una valoración del ajuste de lo esperado a lo observado. Incluso en este momento existe una probabilidad de no detectar una desviación o de dar por correcto un defecto. Además será necesaria una actuación posterior de aviso tras la detección. Por otra parte sólo podrá detectarse si existe comparación o medida.

Así se establece según el modelo que se presenta que para ser conscientes de un problema necesitamos que:

- Se haya establecido lo esperado y se haya medido lo observado; además se debe dar una discrepancia significativa

- Se dé efectivamente un acto de comparación
- Se detecte la discrepancia
- Se comuniquen la discrepancia

Hay 2 niveles de discrepancia: a nivel de fabricante y a nivel de cliente.



- 💡 Cuadro 1: el cliente tiene una necesidad que debe cubrir y espera una solución; dicha solución sería lo ESPERADO = ESP
- 💡 Cuadro 2: se interpreta lo que el cliente desea; esa interpretación transforma lo ESPERADO por el cliente es lo esperado = esp
- 💡 Cuadro 3: a partir de lo esperado se diseña una solución que queda reflejada en una especificación = spec
- ✂ Cuadro 4: se implementa la solución a partir de la spec: esperado' = esp'. Para hacer tangible esp es necesario traducir dicha especificación a parámetros de proceso.
- ✂ Cuadro 5: se verifica que la solución materializada en esp Se corresponde con la spec: esta comparación define lo observado = obs
- ✂ Cuadro 6: el cliente hace uso de la solución (que hizo tangible a partir de una spec → que se diseñó a partir de esp → que se interpretó a partir de ESP) y comprueba si le satisface la necesidad: esta comprobación es lo OBSERVADO = OBS.

Las actividades de comparación (control en fábrica y uso en cliente) tienen características diferentes:

- Control en fábrica: está regulado y es estable: la spec está definida y es estable: se puede hacer un abordaje estadístico.
- Uso del cliente: el concepto de ESP es inestable.

Los problemas siempre surgen de fracasos (no conseguir lo que se quería) y éstos habitualmente provienen de errores. Sin embargo también pueden provenir de procesos correctamente ejecutados:

- Los errores normalmente llevan a fracasos (en condiciones excepcionales llevan a un éxito inesperado)
- Buenas prácticas correctamente ejecutadas suelen llevar al éxito (en ocasiones pueden llevar al fracaso)

En el alcance de este estudio concreto se han tenido en cuenta los fracasos que tienen su origen en causas microbiológicas. Éstas se pueden dar en el proceso de fabricación, de inspección o de uso).

Con respecto a los niveles de ciertos microorganismos en el queso, la legislación tiene claramente marcadas las especificaciones a cumplir, los métodos analíticos e incluso el momento de la toma de muestras y el número de muestras a analizar. En el ámbito del componente microbiológico el consumidor no tiene realmente definido lo que espera ya que no es un atributo que pueda determinar. Existe definición sobre los aromas, texturas y sabores que espera encontrar y que son consecuencia del afinamiento de los quesos. En la etapa de afinamiento los microorganismos tienen una función principal.

Se hace patente la dificultad de aplicar este modelo de definición de lo esperado para características relacionadas con los microorganismos.

I.3.3.2. Modelo de análisis:

Una perspectiva ampliamente extendida y con buenos resultados son las herramientas de análisis de causas en los que se relacionan causas y efectos (RCA) Este mismo esquema de trabajo siguen los modelos de diseño de procesos (AMFE) relacionando fallos y efectos. En alimentación, dentro de las herramientas APPCC se identifican peligros que pueden ser físicos,

químicos o microbiológicos que a su vez pueden causar ciertos efectos sobre el alimento y los consumidores. Este sistema en el que un peligro causa un efecto sobre un consumidor es similar al esquema analítico de la medicina en el que la investigación de causas se realiza con diagnóstico a partir de síntomas en el llamado diagnóstico diferencial. La fusión de ambas herramientas nos podría permitir introducir un modelo nuevo de análisis de causas en alimentos vivos.

Figura 61. Flujo del modelo de análisis



Dentro de esta analogía la causa sería el peligro, el efecto la ocurrencia y el síntoma lo que detectamos. Realmente sería posible tener síntomas también directamente de la causa sin efecto intermedio si se conoce perfectamente el funcionamiento del sistema y se establecen sistemas de vigilancia previos. Concretamente en la elaboración de queso de pasta prensada existen largos periodos de tiempo entre las causas y los efectos y a su vez entre los efectos y los síntomas. Como ejemplo podemos presentar en caso de un depósito de leche con alto contenido en bacterias psicrótrofas (causa) que por medio de su metabolismo liberan grandes cantidades de enzimas tales como proteasas y lipasas que actuarán sobre los componentes de la leche (efecto). Como consecuencia meses más tarde el queso tendrá sabores extraños y desagradables que es lo que realmente detecta el consumidor (síntoma).

De este modo a la hora de abordar la resolución de un problema se detallan los síntomas, entendiendo éstos, como lo que permite la detección de la irregularidad. El análisis de los síntomas por parte de expertos debería permitir conocer, a partir de un análisis inductivo, qué tipo de efectos podrían estar en su origen y a partir de ahí llegar a la causa más probable. Esta herramienta permite un ciclo de mejora dado que con el aprendizaje iterativo se puede mejorar la detección de síntomas al acumular conocimiento de efectos anteriormente estudiados. Por tanto es una herramienta útil para la resolución de problemas a la vez que refuerza los sistemas de diseño de procesos y mejora los sistemas de detección (dirigiendo análisis o medidas sobre los puntos previsibles de aparición de síntomas).

Las causas se clasifican mediante el modelo clásico de 5M para el establecimiento de acciones correctoras. Los efectos se clasifican para conocer sus consecuencias de modo que nos permita tomar decisiones rápidamente en el futuro ante situaciones similares y los síntomas son estudiados por los gestores de calidad para conocer características: etapas de detección, modo de detección, etcétera.

I.3.3.3. Análisis de incidentes

Existen dos coordenadas en la gestión: por un lado la jerárquica que establece las políticas y directrices de actuación y por otro lado la de operación que ejecuta dichas directrices. Una gestión excelente debe contemplar ambas coordenadas: la planificación exhaustiva (prerrequisitos) basada en el conocimiento y la ejecución impecable (procesos) basada en la competencia. Este esquema clásico de la gestión se fundamenta en dos premisas que lo sostienen: que es posible conocer todos los componentes y factores del proceso, y que existen metodologías para ejecución sin desviaciones. Como se ha presentado en la clasificación de los problemas que afectan a los alimentos y en particular al queso de pasta prensada, el dominio complejo es el más relevante. En este dominio no cabe la planificación como herramienta de aseguramiento del éxito. Se propone por tanto un cambio de perspectiva: acoger la incertidumbre como parte del sistema y trabajar a través del conocimiento para reducirla y aproximarnos lo máximo posible al dominio complicado. Con este cambio de visión, por tanto, los incidentes o problemas no se investigan con el ánimo de encontrar qué hemos hecho mal, sino intentar conocer la secuencia de acontecimientos que ha desencadenado un resultado no deseable. La excelencia necesita de la planificación y la ejecución como componentes necesarios pero no suficientes, y por ello se propone incluir la incertidumbre en la formulación. De este modo el resultado de la investigación podría contener un factor adicional: a la falta o error en la planificación y una defectuosa ejecución se añadiría el conocimiento de un nuevo conjunto de estado de todas las variables que conocemos y posiblemente el conocimiento de variables que no teníamos en cuenta. Esto nos servirá para retroalimentar la planificación, las medidas preventivas y los controles del proceso. Un gran

número de incidentes no llegan a ser correctamente investigados debido a un error de visión¹⁸: creer que siempre hay un factor controlable que ha fallado.

I.3.3.4. Ocurrencia de incidentes

Cualquier hecho no deseado puede analizarse para valorar en qué coordenada es posible establecer áreas de mejora. Este modelo es aplicado tanto en sistemas de gestión de inocuidad como de gestión de seguridad laboral o sistemas de calidad. Está muy relacionado con la gestión de riesgos. Para cada peligro identificado se pueden establecer unas medidas preventivas y un nivel de riesgo aceptado. En el análisis de cualquier incidente que ocurra se pueden analizar ambos puntos.

Tabla 15. Clasificación de sucesos no deseados según factores, dominios y áreas de mejora

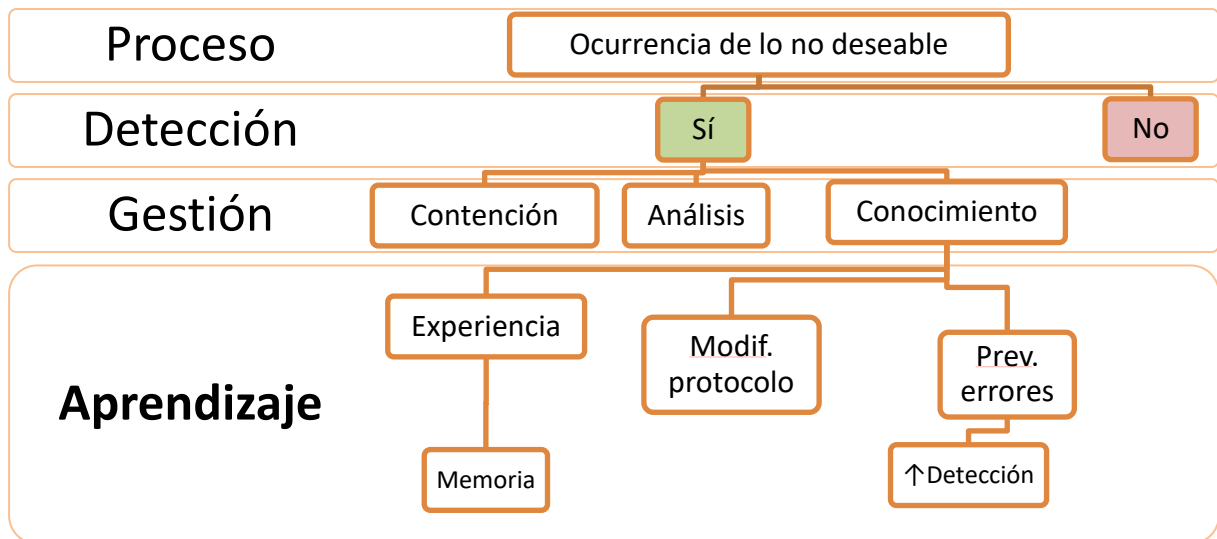
Evitable	Detectado	Clasificación	Dominio Cynefin	Área de mejora
Sí	Sí	Error	Simple	Operación
Sí	No	Imprevisión	Complicado	Prevención
No	Sí	Incertidumbre	Complejo	Contingencia
No	No	Desconocimiento	Caótico	Innovación

En los expedientes microbiológicos el ciclo de un incidente suele comenzar con el desconocimiento dentro de los dominios caótico y complejo. La investigación posterior permite establecer una serie de condiciones sobre las que abduce lo sucedido. Con el conocimiento adquirido se establecen medidas preventivas y controles ubicando dicho factor en el dominio complicado. Una vez comprendido en su totalidad, lo deseable es simplificarlo y automatizarlo. Esta simplificación sin embargo se ha comprobado no es posible hacerla estándar, es decir, no es posible llevar ciertas soluciones a ubicaciones diferentes. Fábricas

¹⁸ “El error es pensar que siempre hay un culpable”; Elena Rodríguez Astorga (comunicación personal)

similares que elaboran productos iguales y manejan materias primas del mismo tipo no reproducen los mismos efectos bajo las mismas condiciones; la variabilidad se encuentra principalmente en el origen de la leche y dentro de ésta, la variabilidad microbiológica tanto de especies como variabilidad intraespecie no permiten establecer medidas idénticas. Será cada gestor en cada ubicación física concreta donde deba establecer los parámetros de control a medida de cada situación.

Figura 62. Esquema cronológico de incidentes



En la Figura 62 se muestra el flujo de resolución de un incidente desde su detección. El flujo se cierra con la aplicación del conocimiento adquirido sobre la planificación, el control y la ejecución del propio proceso. A su vez tras varios ciclos se aumenta la tasa de detección por lo que el espacio de desconocimiento se reduce con el tiempo. Este podría ser un modelo seguro de avanzar en la categorización y gestión entre los diferentes dominios.

I.3.3.5. LHC¹⁹: *Large Hypothesis Collider* o gran colisionador de hipótesis

Existen numerosos métodos y herramientas para la resolución de problemas (Tague, 2005). Normalmente son de abordaje deductivo que se pueden complementar con las metodologías de pensamiento inductivo.

El planteamiento que se propone se presenta en la Figura 63, y ha sido probado durante los dos últimos años es tener 2 equipos, uno compuesto por especialistas del asunto a tratar y otro multidisciplinar. El equipo de especialistas analiza los hechos, comprueba los datos y a partir de toda la información analizada formula una hipótesis (H_0) que explique el problema presentado. Es un abordaje deductivo, que emplea conocimiento previo para explicar un hecho. Este primer equipo trabaja dentro del dominio complicado.

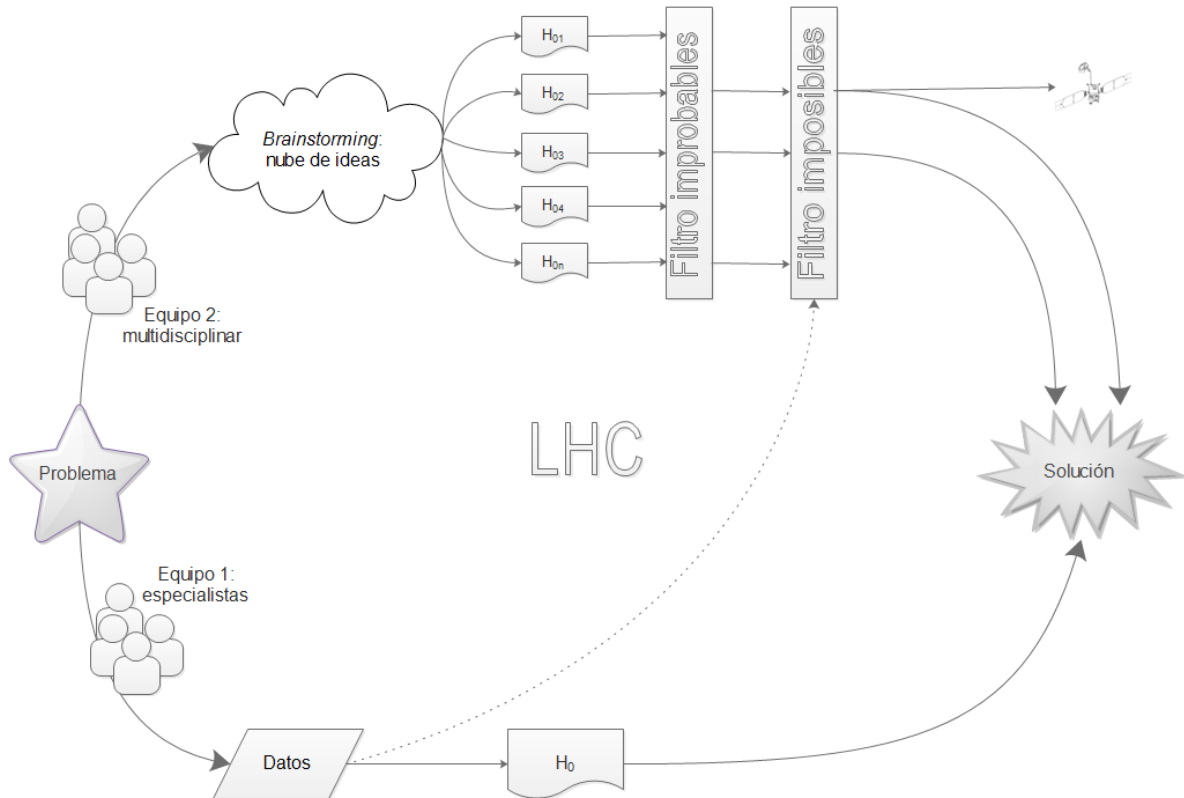
El segundo equipo, a través de un razonamiento abductivo, trata de crear hipótesis a partir del hecho estudiado. Las hipótesis iniciales se formulan sin filtro, todas son tenidas en cuenta en una sesión de *brainstorming* (Osborn, 2008). En una fase posterior se aplica, por un lado el filtro de improbables, es decir, el equipo vota y elimina las que entiende que tienen menos probabilidad de ser ciertas, y por otro lado el filtro de los imposibles, que son descartadas a partir de datos reales (que pueden ser los mismo que el equipo 1 empleó para formular su H_0). El ámbito de trabajo del segundo equipo es el dominio complejo.

A continuación, se compara la H_0 del equipo 1 (ser) con la hipótesis que ha llegado al final del equipo 2 (parecer):

- Si no existe ninguna hipótesis del equipo 2 se trabajará sobre la H_0 del equipo 1
- Si no hay coincidencia en la comparativa se deberán trabajar todas las hipótesis. Especialmente el equipo 1 deberá reevaluar los datos que soportan las premisas de su razonamiento.
- En el caso de que haya coincidencia en la comparación existe una altísima probabilidad de que H_0 sea correcta.

¹⁹ El nombre de la herramienta está basado en el LHC (*Large Hadron Collider*), el acelerador de partículas más potente del mundo y su vez la máquina más grande jamás construida. Está ubicado en el CERN (*European Organization for Nuclear Research*) <https://home.cern/topics/large-hadron-collider>

Figura 63. Funcionamiento de la herramienta LHC



La ventaja de este método radica en la rapidez con la que el equipo 2 puede plantear hipótesis de trabajo. En muchos casos el equipo 1 necesitará esperar varios días a tener los resultados de análisis microbiológicos o resultados de técnicas analíticas más complejas que deban ser enviadas a laboratorios externos. Las ideas que se obtienen de manera rápida pueden ser puestas en acción mediante la técnica de “sondas a Marte”: la técnica consiste en poner en a prueba una a una todas las acciones identificadas sin esperar a tener resultados de la primera prueba²⁰.

I.3.3.6. Diagramas CEPA: causa – efecto – priorización – acción

Uno de los pilares sobre los que se basa la gestión es el análisis de los incidentes. Éstos a su vez aportan mayor conocimiento sobre el desempeño de los procesos. Los diagramas causa – efecto forman parte del conjunto de herramientas básicas del control de calidad (Ishikawa,

²⁰ La técnica “sondas a Marte” está basada en el relato corto *My son, the Physicist* (Asimov, 1969)

1994). La herramienta en su origen relaciona las características de un proceso con su resultado. Su uso está extendido mundialmente en la definición de procesos, en la formación de equipos y en la resolución de problemas. Se suele usar conjuntamente con otras herramientas como los diagramas de Pareto (Gryna, Herrero and Juran, 2007) y la clasificación de las 5 “emes” (Ishikawa, 1994).

Basado en los diagramas causa – efecto de Ishikawa se ha desarrollado una herramienta orientada a la resolución de problemas enmarcados dentro del dominio complicado (principalmente) o complejo (eventualmente). La técnica se lleva a cabo con un equipo multidisciplinar y consta de las siguientes etapas:

- ✓ En primer lugar se define exactamente el síntoma que ha permitido detectar el problema o bien el síntoma indeseable y se enmarca dentro de un círculo de color negro en el centro de la hoja, pizarra o rotafolio a emplear para la sesión de trabajo.
- ✓ Si existe una relación directa entre el síntoma y una causa se escribirá en el papel en otro círculo y se trazará una línea continua que las una. Se repite la secuencia hasta que no exista un camino lineal. El último elemento se tomará como síntoma a trabajar.
- ✓ A continuación se enumeran los factores que a criterio del equipo pueden influir en la aparición del síntoma. No se descarta ninguna aportación.
- ✓ Cada factor se relaciona con el círculo central con una línea discontinua y se indica el sentido de la relación: positiva (signo +) o negativa (signo -) o desconocida (?). Excepcionalmente se puede expresar una relación muy fuerte entre el factor y el síntoma con doble signo (++ o --). En la medida de lo posible se indicará con un signo (↑ o ↓) la magnitud del factor.
- ✓ Si hay relación entre los factores se traza una línea discontinua entre ellos indicando opcionalmente el sentido de la relación.
- ✓ Sobre cada factor identificado se buscan puntos de control, etapas del proceso a conceptos sobre los que es posible actuar y se escriben y relacionan con una línea discontinua sobre el factor que apliquen. Emplearemos un color de tinta diferente (azul).

- ✓ Por último y con otro color diferente a los anteriores (verde) se proponen las acciones sobre los elementos azules. Se relacionan con una línea discontinua y se indica el sentido de la relación.
- ✓ Llegados a este punto se realiza una revisión completa y crítica de todo el diagrama por parte del equipo. Se llega a un consenso sobre las flechas de relación, la magnitud de los factores y el sentido de las relaciones.
- ✓ Sobre el diagrama revisado se formula una conjetura de lo ocurrido y se priorizan las acciones a llevar a cabo.
- ✓ Este diagrama será el punto de partida de los planes de acción sobre los que se hará seguimiento.
- ✓ Al final de la sesión se debe buscar una frase que resuma la causa. En ocasiones dicha frase puede ser figurada o metafórica; la importancia de verbalizar la causa es alinear la mente de todos los presentes con la solución.

I.3.3.7. Dilema del prisionero

Siguiendo con el modelo de 3 coordenadas (planificación, ejecución, incertidumbre) y heredando de los sistemas de gestión la necesidad de detectar los problemas en la primera etapa posible, se concluye que es mejor controlar los peligros desde la planificación que desde la ejecución (incluyendo la medición). En este epígrafe se maneja el concepto de variabilidad independientemente de la incertidumbre.

Por tanto para que exista una planificación robusta sin necesidad de control será necesaria la colaboración de las partes y basar el sistema en la confianza y no en la inspección. Confianza basada en el conocimiento, diligencia y buena fe. Para este propósito se ha basado este estudio en el problema del dilema del prisionero (Flood y Dresher, 1950) y su posterior análisis (Tucker, 1950) y en la solución de equilibrio propuesta posteriormente (Nash, 1951), basados todos ellos en los conceptos originales sobre equilibrio en juegos de suma cero (Morgenstern y Von Neumann, 1947). El concepto básico es que se puede llegar a no colaborar aun cuando dicha decisión va en contra de todas las partes. Este modelo es aplicable a las relaciones proveedor – cliente (también empleado – empresa). La situación se presenta en cada pedido – entrega de mercancía en la que se han pactado unas condiciones de calidad previas y que se deben asegurar por parte del proveedor; el cliente para validar dicha entrega hace unos

controles de inspección. Hemos analizado el caso de una entrega de materiales al cliente por parte del proveedor que se presenta en la matriz de pagos²¹.

Tabla 16. Matriz de pagos para la entrega de mercancía entre proveedor – cliente

		Proveedor	
		Cumplir	No cumplir
Cliente	Analizar	-1, 0	-1, -4
	No analizar	0, 0	-2, 2

En nuestro caso particular el coste de analizar conlleva una merma de recursos que únicamente retorna utilidad en el caso de detección de producto no conforme; en cualquier otro caso es un desperdicio del sistema que se ha representado como un coste adicional que penaliza al comprador (-1). No analizar no conlleva coste adicional (0) pero entraña el peligro de incumplimiento por parte del proveedor con el consiguiente perjuicio (-2), bien económico, bien de optimización de los procesos y en última instancia de calidad de su producción y satisfacción del cliente. Desde el punto de vista del proveedor que cumple lo acordado, le es indiferente si el cliente hace inspección o no (0). En el caso de incumplimiento por parte del proveedor dependerá de la actuación del cliente a la recepción: la no detección del incumplimiento le podría conllevar una ganancia (2) y la detección una pérdida (-4).

Lo anterior aplica a contratos puntuales y a contrataciones no indefinidas, si bien es cierto que ante la promesa de sucesivos pedidos o la posibilidad de ampliar el contrato la colaboración del proveedor/empleados se podría ver incrementada. La anterior matriz pone de relieve la necesidad de planificar las contrataciones y ajustar el nivel de inspección así como las penalizaciones por incumplimiento de manera razonable y proporcionada al tipo de relación.

²¹ Matriz de pagos: en teoría de juegos es la matriz que resume la información de las funciones de pago en un juego extensivo. Los pagos representan la utilidad (monetaria o de otra índole) que reciben los jugadores al finalizar el juego. (Aguado Franco, 2016)

En todo caso el escenario más interesante se da en el análisis del dilema del prisionero cuando se juega de forma iterada (Axelrod, 1984). En este caso la decisión de colaborar o no se debe tomar repetidas veces. Para la matriz anterior por ejemplo se podría llegar a un equilibrio. Lo más interesante del estudio se centra en que para que la mejor estrategia sea estable no debe conocerse el número de iteraciones, o lo que traducido a nuestro caso de estudio, significaría que tanto para el caso proveedor – cliente como el para el caso empleado – empresa no debería existir un fin preacordado de los pedidos ni del contrato. En otras palabras, las situaciones que favorecen la colaboración en equilibrio serían las relaciones a largo plazo con carácter indefinido. Esta es la base en la que se fundamentarían las recomendaciones de establecer pactos a largo plazo con los proveedores, basados en la confianza y cooperación mutua. Igualmente una relación laboral estable permite obtener el máximo beneficio mutuo entre los empleados y las organizaciones.

Por todo ello y continuando con la matriz de pagos, se deben buscar estrategias que optimicen los recursos teniendo en cuenta el conjunto proveedor – cliente como se muestra en la Tabla 17, la situación Analizar + No cumplir es la que mayor desperdicio conjunto genera; la estrategia Analizar por parte de cliente es una estrategia dominada dado que siempre obtiene menor utilidad conjunta que la estrategia No analizar. Igualmente la estrategia Cumplir es claramente superior para el proveedor. Entendemos por tanto que el equilibrio óptimo sería No Analizar + Cumplir siempre entendiendo la relación entra las partes de mutua confianza y con un final contractual no definido. La inspección realizada por el proveedor para validar su mercancía debería ser suficiente para el cliente. El caso particular de No cumplir – No Analizar tiene valor nulo en el mejor de los casos: cualquier valor diferente de 0 implica un desperdicio por incumplimiento o por sobrealidad (Taguchi, Chowdhury and Wu, 2004).

Esta situación ideal puede llevarse a la práctica mediante el desarrollo de técnicas de inspección de bajo coste que permitan integrarlo con un control estadístico: esto permitiría poder optar por la estrategia de Analizar con una reducida pérdida económica. El establecimiento de fuertes penalizaciones ante incumplimientos ayudaría a mantener la estrategia Cumplir para el proveedor.

Tabla 17. Matriz de pagos conjunta

		Proveedor	
		Cumplir	No cumplir
Cliente	Analizar	-1	-5
	No analizar	0	0

I.3.3.8. Aspectos relacionados con la complejidad microbiológica

El trabajar con microorganismos se puede definir como una actividad con alta complejidad, variabilidad y elevada incertidumbre. Este punto se ha puesto de relevancia en la gestión de la seguridad alimentaria (Zwietering, 2015). Tal vez la dimensión más evidente de dicha complejidad es que no se ven; no por obvio pierde su importancia y especialmente para la comprensión y transmisión de conceptos hacia los no iniciados en la microbiología. En el mundo empresarial los peligros se ven y se establecen medidas preventivas, planes de acción y escenarios de contingencia. Con los microorganismos se ha podido comprobar con varios altos cargos de organizaciones vinculadas con la alimentación que la invisibilidad (literal) dificulta la gestión y comprensión. Desde un punto de punta clásico se han creado sistema de clasificación para encajar los diferentes tipos según afinidades. En el plano industrial de los bienes de consumo la barrera entre dos categorías de una clasificación puede tener cierta incertidumbre que es disminuida con el tiempo con mejores técnicas. Desde el plano de la microbiología sucede que pueden aparecer nuevas categorías dentro del sistema de clasificación e incluso para un microorganismo que hoy asignamos a un género dentro de unos años puede estar en otro con todo lo que ello implica.

Para la clasificación se han establecido diferentes pruebas bioquímicas y genéticas que puedan establecer con una gran significancia estadística la asignación a una categoría. Otro punto importante es que para dicha clasificación se hace a través de una caracterización de un grupo de microorganismos en conjunto. Ídem para los estudios de crecimiento, de muerte, establecimiento de parámetros óptimos de crecimiento, etcétera. Dichos parámetros se calculan para poblaciones y después de modelizan. Las distribuciones para altos recuentos habitualmente no se explican con la clásica distribución normal. La distribución normal es la más extendida en las herramientas de uso en calidad clásica. A su vez para recuentos bajos de

microorganismo se ajustan mejor la distribución de Poisson. Nuevamente nos encontramos con elementos fuera del estándar de las herramientas de gestión habituales en la industria tal y como se han implantado en nuestro país en las empresas de alimentación.

Una vez clasificados y caracterizados los microorganismos se establecen modelos predictivos de aplicación en la industria. Estos modelos han demostrado su eficacia para establecer estrategias generales de actuación. Nos encontramos en un punto en el que hacemos predicciones de unos microorganismos que han sido clasificados con cierta incertidumbre; que se han caracterizado con parámetros como temperatura, pH, A_w , concentración de sal, etcétera; que se modelizan para prever un comportamiento. La acumulación de incertidumbre en esta compleja cadena se agrava en los estudios al incluir nuevas variables como la matriz (el alimento propiamente dicho), la estabilidad de la muestra y la ecología de la muestra. El queso como tal es un sistema ecológico en el que además de todo lo comentado para cada grupo de microorganismos deberemos esperar una interrelación con el resto de grupos presentes en el alimento.

El queso además, por su composición intrínseca, puede presentar una gran heterogeneidad. Tales diferencias se deben principalmente a la variación de la leche, que como se indicó constituye el 99.9% de las materias primas con las que se elabora el queso. Los principales factores que influyen, entre otros, son la estacionalidad de la leche²², las diferentes mezclas que se dan en las queserías industriales²³, la climatología y el estado de salud de los animales. Igualmente se puede presentar modificaciones en el entorno de trabajo; así los sistemas de limpieza y desinfección y los manipuladores de alimentos son dos fuentes de variabilidad a considerar.

En el capítulo II se presentarán ejemplos de lo aquí comentado especialmente en lo referido a la biodiversidad y a las interacciones microbianas.

²² Los animales son susceptibles a los ciclos de las estaciones. Las cantidades de leche que genera una explotación ganadera varía con los ciclos reproductivos. Este hecho es muy marcado en oveja y cabra. Además de la cantidad también varía la calidad entendida como la proporción de materia grasa, proteína y lactosa que contiene la leche.

²³ Las queserías artesanas que elaboran a partir de su propio ganado tienen mayor control y conocimiento de la materia prima por cuanto proviene siempre de los mismos animales. Las queserías industriales hacen acopio de leche de varios ganaderos de su zona por lo que el conocimiento pueden no llegar a ser tan profundo. Como dato positivo, la variedad de leche de diferentes orígenes aumenta la resiliencia del sistema y uniformiza diferencias puntuales que en los ganaderos tomados independientemente serían mayores.

I.3.3.9. Gestión de la complejidad: marco Cynefin

Como hemos visto, Cynefin es un marco para la toma de decisiones conociendo el entorno en el que se toman. Según Snowden (Snowden and Boone, 2007) es necesario adaptar la estrategia de decisión al dominio de complejidad en el que nos encontremos. Se definen unas características asociadas a cada dominio que permiten diagnosticar la situación. De forma análoga es posible valorar en qué dominio nos encontramos según el producto fabricado: bien de consumo, alimento, alimento vivo. De la misma forma será necesario ajustar nuestro sistema de gestión: los entornos obvios y complicados se encuentran en la zona de orden y por tanto es posible emplear sistemas predictivos: conociendo las condiciones de inicio podremos predecir las salidas del proceso y por tanto estableciendo controles durante el mismo será posible determinar que el proceso rendirá un bien apto. Los dominios complejos y caóticos no permiten predicciones: bien porque no existe a priori una solución al problema o bien porque no existe; las mismas condiciones de inicio no aseguran la repetitividad del resultado dentro de las tolerancias que hemos establecido. En el dominio complejo deberemos ser ágiles en respuesta y en adaptarnos a los cambios.

En las empresas de alimentación en general y en las queserías en particular se deberán identificar los procesos que corresponden al dominio complejo para establecer otros sistemas de gestión: tanto los procesos de seguridad alimentaria como los de calidad pretenden controlar todas las variables de entrada, reducir la variabilidad y establecer medidas de vigilancia para asegurar que todo va “según lo previsto”. Esto puede crear una sensación de falsa seguridad en entornos complejos: por ejemplo ante un problema determinado puede hacerse una investigación exhaustiva de todo el proceso y no encontrar ningún punto fuera de control; la sensación de “descontrol” será evidente al no poder establecer acciones para una causa concreta. Es decir, puede darse el caso de tener todo correcto y aun así suceder el fallo. En estos casos estamos aplicando un modelo de gestión de un sistema simple o complicado para la gestión de uno complejo y por tanto no tiene la precisión suficiente. La alta incertidumbre de los modelos biológicos hace necesario otro abordaje. Como gestores debemos de tener establecidos los condicionantes para gestionar la complejidad con complejidad.

I.3.4. Una propuesta integrada, biotecnológica, del control de los peligros microbiológicos que afectan a la calidad en la elaboración del queso

I.3.4.1. Análisis y punto de situación

A través de todo el Capítulo I se ha mostrado el marco global de trabajo de los gestores de calidad dentro del sector lácteo: un sector de amplio impacto económico, que tiene muy reguladas las facetas de seguridad alimentaria y con recorrido de mejora en la minimización del desperdicio alimentario. Se ha presentado un compendio de defectos en la elaboración de quesos desde un abordaje teórico y del análisis bibliográfico, así como desde un abordaje de incidentes reales a través de las bases de datos públicas sobre alertas y de expedientes analizados en queserías españolas. Todo ello dentro de un marco de crecimiento e implantación cada vez mayor de diferentes normas de gestión de la calidad en las empresas y con una inquietud clara en las publicaciones especializadas sobre los defectos de calidad y en particular los de origen microbiológico.

A lo largo del capítulo anterior se han enunciado las bases teóricas sobre las que basar en nuevo marco de trabajo en la calidad de entorno con alta variabilidad e incertidumbre.

I.3.4.2. Detección de insuficiencias

Los sistemas de gestión de calidad en industrias están altamente evolucionados y demuestran día a día su eficacia. Por otro lado, hemos identificado ciertas características en la elaboración de queso que han sugerido la necesidad de complementar dichos sistemas para un abordaje completo. Las áreas sobre las que se presentan aportaciones están referidas al cambio de visión en el abordaje de los problemas, a la estrategia y flujo de actuación en la gestión general de los incidentes y a las herramientas de trabajo para casos concretos.

Análisis de los problemas microbiológicos generados

Del análisis de todos los incidentes microbiológicos concluimos que el 80 % de los mismos son generados, es decir, que tienen su origen en los procesos que están bajo el control del establecimiento elaborador de queso. Como se presentó anteriormente el 83 % de todos los expedientes fueron autodetectados por la propia empresa afectando a los materiales

(productos finales y semielaborados), los métodos y las máquinas. Las etapas origen se identificaron en envasado, prensado y maduración siendo las etapas de detección principales la venta, el consumo en el hogar y el envasado. El 94 % ocasionan incumplimiento de especificación siendo los mohos con su crecimiento y los microorganismos que ocasionan fermentaciones anómalas los agentes etiológicos mayoritarios. Asimismo, hemos comprobado que el 97 % de todos los incidentes están relacionados con la calidad y que el 86 % son detectables por los consumidores. Estos mismos incidentes causaron en el 71 % pérdidas al negocio y en un 21 % reprocesos con la consiguiente devaluación del producto y pérdidas económicas.

Desde el punto de vista de las personas cabe destacar que no se identificó intencionalidad en ninguno de los incidentes y que en menos del 1 % hubo indicios de negligencia; por tanto, los problemas generados se deben a dos factores: desconocimiento y desviaciones de proceso.

Cambio de visión

El punto de partida del modelo que se propone nace de cambiar el modo de enfocar los problemas; el paradigma clásico se instala en la mente del gestor de la calidad como “controla todo el sistema”. A partir de este pensamiento se realiza la planificación, la ejecución y la inspección. Si se detecta alguna desviación se hace un análisis de las causas, se detectan los factores que intervienen y se establecen acciones encaminadas a evitar la repetición del problema. Este modelo ha demostrado su eficacia en dominios simples y complicados. Este modelo de pensamiento es claramente exitoso en modelos ordenados y donde las partes no son más que el todo. Es totalmente aplicable a modelos discretos (juegos como el ajedrez) o modelos transformables en discretos al poder dividir el todo en partes que pueden considerarse indivisibles (construir un avión).

El abordaje de problemas clasificados dentro de los dominios complejos requiere de una visión complementaria: “controla parte del sistema”. Se asume que la planificación se basa en la mejor información disponible y que ésta no es completa. Se aceptan y conocen las limitaciones en la ejecución y se intenta conocer los factores de variabilidad e incertidumbre asociados.







El paradigma clásico se fundamenta en el establecimiento de acciones sobre el proceso y para ellos requiere del hallazgo de las causas para tener éxito en el análisis. El paradigma complementario entiende que no siempre se identificarán las causas (por desconocimiento o





porque es posible que no existan) y que no siempre existirá un error de planificación o de operación. Es decir, no siempre que se encuentra un incidente se debe ni a una causa conocida ni a un error.

Los dos paradigmas pueden ser empleados dependiendo del dominio en el que nos encontremos. Parece razonable dar pasos encaminados a conseguir tener todos los procesos posibles en el dominio simple y trabajar en la transición del complejo al complicado y de éste al simple siempre que sea posible. La Figura 56 representa dichos pasos mediante el conocimiento y la estandarización.

1.3.4.3. Principios y estrategias de actuación y control de los problemas microbiológicos

A la vista de los resultados se proponen una serie de principios de gestión:

-  La integración de la incertidumbre como parte de los sistemas de gestión
-  Adoptar los dominios como entornos diferenciados sobre los que trabajar: Cynefin
-  Gestionar cada dominio con herramientas diferentes: gestionar la complejidad con complejidad. La vertiente tradicional del control de la calidad de modelos ordenados discretos es mucho más eficiente y precisa cuando en efecto se dan dichos entornos y se torna ineficaz en entornos de alta variabilidad e incertidumbre. La visión complementaria del “control parte del sistema” permite iniciar un abordaje libre de sesgos.
-  La mejora es infinita: por tanto la presunción de control total es una trampa lógica por cuanto el no encontrar las causas implicaría automáticamente un fracaso. En el estado de conocimiento actual, aunque es deseable, no siempre es posible encontrar una causa.
-  Tener en cuenta e implicar a todas las personas: mediante la formación, la información, el conocimiento y el control compartido. La formación del personal es posiblemente el intangible más valorado de una organización y por lo tanto será necesario propiciar relaciones estables para captar el talento y mantenerlo.
-  Establecimiento de un entorno seguro ante fallos: cada problema es una oportunidad de aprendizaje.

-  La mejor decisión sobre el mejor resultado. Se entiende por mejor decisión la que en un momento dado y bajo unas circunstancias concretas presenta las mejores posibilidades de prosperar. Se propone valorar las buenas decisiones independientemente del resultado que conlleven. Evidentemente no siempre es posible saber si es la mejor decisión, pero un modo sencillo y empírico es establecer un ratio de éxitos (n° de éxitos / decisiones tomada). Estadísticamente a largo plazo tendrá mejor ratio la mejor estrategia. Sobrevalorar los resultados puede conllevar automatización en las decisiones y basarlas en “lo que fue bien con anterioridad”. Por otro lado, además, puede conllevar la penalización de buenas estrategias que en las primeras decisiones no obtienen los mejores resultados. Evidentemente a mayor número de decisiones tomadas mayor probabilidad de cometer algún error (en términos absolutos). Sobrevalorar los resultados sobre el ratio de buenas decisiones fomenta la actitud de “no decidir”.
-  El concepto de Calidad Total dual: como la ausencia de desviaciones en los dominios ordenados y como la capacidad de reacción rápida y adaptación en los dominios no ordenados.
-  Uso del abordaje abductivo como modo de inferencia válido para la investigación de hechos no habituales
-  Inspección dual: en el dominio simple entendida como verificación y con puntos de control crítico para evitar el paso brusco a situaciones de caos; en el dominio complicado para comprobar el buen funcionamiento del sistema; y en el dominio complejo donde la inspección es más necesaria dado que no podemos asegurar la reproducibilidad de los resultados.

Como objetivo conseguir alcanzar el conocimiento y control completo del sistema y lograr la automatización. Para ello el primer paso es transitar el dominio complejo hacia el complicado mediante el conocimiento.

I.3.4.4. Prácticas y propuesta de gestión de incidentes de origen microbiológico

Una vez establecida la visión y la estrategia de abordaje de los contextos complejos, como el biotecnológico de la elaboración de queso, por explicitar la propuesta de gestión para los

gestores de la calidad y los procesos de las empresas elaboradoras, se presentan una serie de prácticas para gestión de los dos bloques: la gestión de los incidentes en su conjunto y la actuación de los incidentes individuales.

- ☑ Especificar para cada proceso los criterios de clasificación: ver I.2.5
- ☑ Establecer las categorías que van a identificar al incidente: dentro del marco Cynefin. Ver I.2.4. En primer lugar consignamos el modo de detección y con base en los procesos y a continuación asignaremos el incidente a un punto de la cadena de valor. El tercer componente (factor desencadenante) no siempre aparece disponible al inicio de la investigación, por lo que en este paso será opcional. En la
- ☑
- ☑ tabla 18 se presentan los valores ponderales obtenidos del estudio de los expedientes. Sobre el diagrama de cuadrantes se establece el origen de coordenadas para el quinto dominio (desorden) y partir de aquí se establecen los cuadrantes I (complicado), II (complejo), III (caótico), IV (simple). Los valores de las etiquetas de la siguiente tabla hacen referencia a valores medios y por lo tanto son susceptibles de modificación y revisión con el tiempo. Igualmente, cada equipo gestor de cada una de las organizaciones deberá evaluar dichos valores para sus procesos en particular consiguiendo la herramienta una mejor adaptación y una mejor precisión.

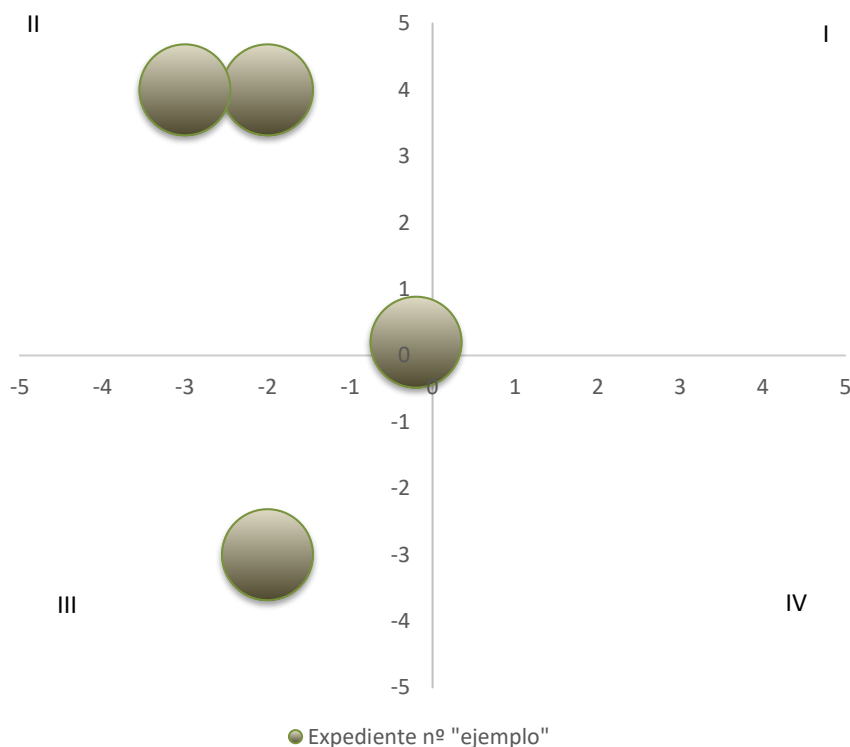
Tabla 18. Propuesta de ponderación de etiquetas con base en los datos del estudio

	Etiqueta	C-->E	Interrelación
Cadena de valor	Adoptado	-2	-3
	Generado	3	-1
	Generado2	0	5
	Atribuido	-4	-3
Factor desencadenante	F. Determinante	5	-5
	F. Concomitante	3	-3
	F. Accesorio	-2	4
	∅	0	0
Modo detección	Autodetectado	2	-4
	Externo	4	-4
	Proactivo	0	0
Origen	Físico	4	-2
	Químico	-2	2
	Microbiológico	-3	4
	Gestión	5	5

Para cada expediente investigado se tendrá una representación visual de la distribución de etiquetas que permitirá estimar el dominio de trabajo más idóneo sobre el que actuar. En la

Figura 64 se representa a modo de ejemplo un incidente de origen microbiológico, adoptado, de detección proactiva y con un factor accesorio implicado.

Figura 64. Representación y tabla de datos de expediente “ejemplo” sobre los cuadrantes Cynefin



	Etiqueta	C-->E	Interrelación
Cadena de valor	Adoptado	-2	-3
Factor desencadenante	F. Accesorio	-2	4
Modo detección	Proactivo	-0.2	0.2
Origen	Microbiológico	-3	4

- Determinar la prioridad: mediante la matriz “afecta a rendimiento – detectabilidad”. Ver figura 55.
- Emplear herramientas según contexto y prioridad; ver I.2.3 y I.3.3.
- Empleo de modelos predictivos: como se ha presentado, los incidentes microbiológicos tienen baja detección por proactividad y alta detección por el consumidor. Este dato es un buen indicador de que la característica evoluciona con el tiempo. En un origen sólo es detectable mediante técnicas analíticas y

personal especializado y posteriormente es apreciable organolépticamente por los efectos sobre el producto. Los modelos predictivos empleados ya en seguridad alimentaria (Baranyi and Roberts, 2004; EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2012, 2015; Fakruddin, Mazumdar and Mannan, 2012) y que tan buenos resultados están dando podrían ser una herramienta igualmente útil para los parámetros dinámicos que afectan a la calidad.

- ☑ Gestionar los índices de distancia de origen – detección; ver figura 47. Especialmente en procesos con amplio espectro temporal, como la elaboración de quesos madurados, permite monitorizar las distancias, medidas en etapas de proceso, desde que el problema aparece hasta que se detecta; ver si las diferencias son grandes; y con qué velocidad de detectan. Es un índice que permite redirigir las estrategias de actuación y modificar los planes de control e inspección.
- ☑ Copiar y adaptar la sistemática del APPCC²⁴ a la gestión de los incidentes de calidad: los problemas microbiológicos que afectan a la seguridad alimentaria han sido abordados en las industrias de alimentación con dicha metodología y con relativo éxito. Dado que las empresas elaboradoras de queso hacen ya uso del APPCC como herramienta de gestión, se propone ampliarlo y reforzarlo para su uso en la gestión de la calidad.
- ☑ Revisión del sistema: en uno de los principios se proponía valorar las buenas decisiones por encima de los resultados; en línea con lo anterior se propone basar la mejora del sistema en dotarlo de mayor robustez y resiliencia a largo plazo y no basándose en acciones implantadas tras malos resultados.

²⁴ El sistema de APPCC identifica, evalúa y controla los peligros importantes para la inocuidad de los alimentos. Se trata de un enfoque estructurado y sistemático que requiere un buen conocimiento de la relación entre causa y efecto, con objeto de actuar de forma más dinámica (FAO, 2002).

CAPÍTULO II

II PELIGROS MICROBIANOS PARA LA CALIDAD DEL QUESO. ESTUDIO DE CASOS: HINCHAMIENTO POR PRODUCCIÓN DE CO₂ FERMENTATIVO Y PRODUCCIÓN DE PIGMENTOS.



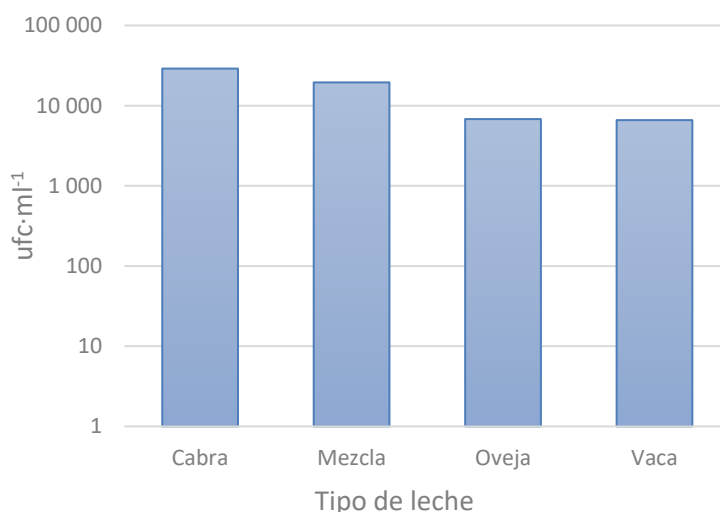
II.1. Introducción

II.1.1. Las levaduras presentes en los quesos y en las instalaciones que los producen

Las levaduras están siempre presentes cualquier tipo de queso y en las instalaciones que los producen. Sin embargo, su papel en la elaboración no está bien definido ya que pueden presentar un papel dual en la obtención de un queso con unas características definidas. Dependiendo del tipo de queso pueden ser incluso empleadas como *starters* o cultivos iniciadores secundarios, potenciando la acción de las levaduras endógenas. En este caso activan el crecimiento de la microbiota láctica mediante el aumento de pH que se produce en la superficie y en el interior de los quesos. La desacidificación es consecuencia del consumo de ácido láctico. Igualmente liberan al medio factores de crecimiento y vitaminas (ácido pantoténico, niacina, riboflavina) (Corsetti, Rossi and Gobbetti, 2001; Sørensen *et al.*, 2011; Cano-García, Flores and Belloch, 2013). Todo ello contribuye a una potenciación del desarrollo de la microbiota principal. A su vez colaboran en la creación del aroma propio del queso a través de la actividad proteolítica, lipolítica y la liberación al medio de compuestos volátiles (Padilla *et al.*, 2014). Los recuentos de levaduras son máximos en la superficie de los quesos en las primeras semanas de maduración, llegando a 10^7 ufc·cm⁻² y disminuyendo drásticamente en los meses siguientes (Law, Barry A., Tamime, 2000). Por otro lado, las levaduras pueden desencadenar efectos indeseables en los quesos. El mismo aumento de pH que estimula el crecimiento de los *starters* primarios también permite el crecimiento de *Staphylococcus aureus* o *Listeria monocytogenes*. Igualmente, el crecimiento de levaduras hasta elevadas concentraciones conlleva el deterioro del queso y la modificación de la apariencia propia de la superficie o el interior del queso debido a la actividad proteolítica y/o lipolítica, la liberación de aromas indeseables y la generación de gas.

Las levaduras participan en la elaboración del queso desde el principio ya que están presentes de forma natural en la leche cruda. En experimentos sobre leche UHT²⁵ inóculos de diferentes géneros de levaduras han alcanzado concentraciones de 10^7 e incluso 10^8 ufc·ml⁻¹ (Roostita and Fleet, 1996) lo que implica la capacidad de crecimiento de las mismas en un medio nutritivo como es la leche. En los análisis realizados sobre leche cruda recogida directamente de las granjas hemos encontrado recuentos entre 10^3 - 10^4 ufc·ml⁻¹; resultados que están en línea con otras investigaciones previas (Torkar and Vengušt, 2008). Si la leche cruda cuando es inoculada en el laboratorio puede soportar el crecimiento de hasta 10^7 e incluso 10^8 ufc·ml⁻¹, puede resultar sorprendente que los recuentos encontrados habitualmente sean solo de 10^3 - 10^4 ufc·ml⁻¹. La hipótesis más aceptada para explicar esta notable diferencia se basa en dos premisas que no han sido todavía específicamente demostradas: 1ª) que la contaminación de la leche se daría en las granjas con concentraciones inferiores a esos valores (10^3 - 10^4 ufc·ml⁻¹); 2ª) que para desarrollarse en la leche destinada a una utilización industrial, recogida y mantenida a bajas temperaturas, tendrían que competir con las bacterias aerobias psicrófilas, mucho mejor adaptadas a ese ambiente frío en el que crecen mejor (Fleet, 1990; Viljoen, 2001; von Neubeck *et al.*, 2015).

Figura 65. Recuento de levaduras en leche cruda de diferentes especies en la recepción del centro lácteo (en ufc·ml⁻¹)



²⁵ UHT acrónimo de *ultra high temperature*; es una técnica de conservación de alimentos líquidos los cuales son tratados a altas temperaturas (> 134 °C) durante muy poco tiempo (1 s). Este tratamiento destruye todos los microorganismos y hace el producto comercialmente estéril (Dairy Processing Handbook ©Tetra Pak, 2017), <http://www.dairyprocessinghandbook.com/chapter/long-life-milk>

Las células vegetativas de las levaduras presentan por lo general baja termorresistencia; los tratamientos de pasteurización habituales en la industria quesera cumplen con los requisitos de seguridad alimentaria regulados a nivel europeo; el tratamiento térmico obligatorio para la leche destinada a la elaboración de quesos es 72 °C durante 15 s (Comisión Europea, 2004a); dicho tratamiento es suficiente para reducir su presencia por debajo de los límites de detección de los métodos de recuento. En casi todos los casos se ha contrastado que los resultados de levaduras después del tratamiento térmico no han dado recuentos aunque se han publicado algunas excepciones que ocurren a temperaturas inferiores a 70 °C (Vadillo *et al.*, 1987).

Cuando se examinan las levaduras presentes en los quesos ya formados y/o en proceso de maduración las concentraciones que se encuentran son relativamente pequeñas, como ya hemos indicado excepto en el caso de que el queso proceda de leche cruda según podemos observar en la Figura 51.

Todos los quesos analizados en los trabajos que hemos revisado presentan recuentos de levaduras entre 50 y 300 ufc·ml⁻¹. En los casos de quesos elaborados a partir de leche cruda el recuento se encuentra en el mismo orden de magnitud que el hallado en la leche de origen, lo cual es consistente dado que estos quesos son elaborados con leche que no ha sufrido tratamiento térmico. Parece razonable pensar que en los quesos elaborados con leche pasteurizada el origen de las levaduras presentes esté en la recontaminación con origen en las instalaciones de las propias queserías. Existe por tanto una interacción queso-fábrica que confiere a los quesos una microbiota levaduriforme propia de cada centro productivo y por ello es importante analizar la composición de la microbiota levaduriforme en las instalaciones de fábricas de diferentes tipos de queso, para determinar en cada una de las etapas la(s) especie(s) presentes, y si es posible su concentración, para relacionarla con la microbiota presente en el queso en esa etapa.

Está ampliamente demostrado que las levaduras forman parte intrínseca de las instalaciones queseras. Existen gran número de géneros presentes tanto en las superficies de contacto con el queso, como en el aire de las instalaciones, las paredes y suelos así como en los propios manipuladores, todos ellos ha sido ampliamente analizado en diferentes tipos de queso

(Viljoen and Greyling, 1995; Rossi *et al.*, 1997; Welthagen and Viljoen, 1998, 1999; Corsetti, Rossi and Gobbetti, 2001; Fuquay, Fox and McSweeney, 2011)

Tabla 19. Aislamientos de levaduras asociadas a fuentes de contaminación según (Viljoen and Greyling, 1995)

Especie	Cuajada	Salmuera	Suero	Equipos	Aire	Personal
<i>Debaryomyces hansenii</i>	4	17	17	14	2	1
<i>Trichosporon beigeli</i>		10	3	6	1	1
<i>Cryptococcus albidus</i>	6	2	7		1	1
<i>Rhodotorula minuta</i>				6	4	1
<i>Candida zeylanoides</i>		11				
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	2	5	4			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		8				
<i>Yarrowia lipolytica</i>		5		2		
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>		4	3			
<i>Candida catenulata</i>				6		
<i>Cryptococcus laurentii</i>				3		3
<i>Candida intermedia</i>				5		
<i>Torulasporea delbrueckii</i>		2	2			
<i>Candida rugosa</i>					4	
<i>Debaryomyces vanriijiae</i>				4		
<i>Rhodotorula glutinis</i>				2	1	
<i>Issatchenkia orientalis</i>	1		1			1
<i>Rhodotorula diffluens</i>	2					
<i>Candida inconspicua</i>				2		

Tabla 20. Aislamientos de diferentes levaduras asociadas a fuentes a contaminación y etapas del proceso en la fabricación de queso Gouda según (Welthagen and Viljoen, 1998)

Especie	Aire	Paredes /techos	Equipos	Personal	Suero	Queso antes salmuera	Salmuera	Queso después salmuera
<i>Candida catenulata</i>		✓			✓			
<i>Candida fennica</i>			✓				✓	
<i>Candida laurentii</i>		✓						
<i>Candida maltosa</i>				✓				
<i>Candida rugosa</i>			✓					
<i>Candida zeylanoides</i>								
<i>Cryptococcus albidus</i>				✓		✓	✓	✓
<i>Cryptococcus laurentii</i>	✓				✓			
<i>Debaryomyces hansenii</i>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Debaryomyces castellii</i>			✓		✓			
<i>Issatchenkia orientalis</i>				✓				
<i>Issatchenkia terricola</i>			✓					
<i>Kluyveromyces marxianus</i>					✓	✓	✓	✓

Tabla 20 (continuación)

Especie	Aire	Paredes /techos	Equipos	Personal	Suero	Queso antes salmuera	Salmuera	Queso después salmuera
<i>Pichia fermentans</i>				✓				
<i>Rhodotorula glutinis</i>	✓			✓	✓	✓		✓
<i>Rhodotorula minuta</i>				✓	✓	✓		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	✓	✓	✓				✓	✓
<i>Sporobolomyces roseus</i>	✓		✓					✓
<i>Torulaspora delbrueckii</i>			✓		✓			
<i>Trichosporon beigelii</i>		✓						
<i>Trichosporon cutaneum</i>			✓					
<i>Yarrowia lipolytica</i>			✓	✓	✓			
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	✓				✓		✓	

Tabla 21. Aislamientos de diferentes levaduras asociadas a fuentes a contaminación y etapas del proceso en la fabricación de queso Cheddar según (Welthagen and Viljoen, 1999)

Especie	Aire	Paredes /techos	Equipos	Personal	Suero	Queso antes salmuera	Queso después salmuera
<i>Candida albicans</i>		✓					
<i>Candida blankii</i>			✓				
<i>Candida boidinii</i>						✓	
<i>Candida catenulata</i>					✓		
<i>Candida norvegica</i>		✓					
<i>Candida rugosa</i>			✓				
<i>Cryptococcus albidus</i>			✓	✓			
<i>Cryptococcus laurentii</i>							
<i>Debaryomyces hansenii</i>			✓	✓	✓	✓	
<i>Geotrichum candidum</i>		✓					
<i>Geotrichum fermentans</i>		✓					
<i>Kluyveromyces marxianus</i>					✓		
<i>Kluyveromyces delphensis</i>			✓				
<i>Pichia angusta</i>			✓				
<i>Pichia onychis</i>				✓			
<i>Rhodotorula ingeniosa</i>		✓					
<i>Rhodotorula glutinis</i>	✓		✓		✓	✓	
<i>Rhodotorula minuta</i>			✓	✓		✓	
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>		✓					
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>			✓				✓
<i>Sporobolomyces roseus</i>			✓				
<i>Torulaspora delbrueckii</i>			✓		✓		
<i>Trigonopsis variabilis</i>	✓						
<i>Wickerhamiella domercqiae</i>		✓					
<i>Yarrowia lipolytica</i>		✓					
<i>Zygosaccharomyces mrakii</i>		✓			✓		
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>		✓					

El análisis de la tabla 19, tabla 20 y tabla 21 obtenidas de la literatura así como otros trabajos publicados por los mismos y otros autores (Fleet, 1990; Welthagen and Viljoen, 1998, 1999; Westall and Filtenborg, 1998), permiten identificar algunas características básicas de la ecología de las levaduras en las instalaciones queseras:

En primer lugar, que hay un conjunto de especies que aparecen sistemáticamente y parecen estar siempre presentes, con independencia del tipo de queso y de las instalaciones donde se hayan realizado los aislamientos. Pero también hay algunas especies que podrían considerarse características de las instalaciones y/o del tipo de queso, porque aparecen en un tipo de queso y no en otros, aunque los datos son escasos y por tanto insuficientes para atribuir una clara especificidad. En algunos quesos, como es el caso del “queijo da Serra” portugués, la especie más abundante encontrada fue *Sporobolomyces roseus*, una especie muy infrecuente en otros quesos, aunque también se encontró un amplio espectro de otras especies (Macedo, Malcata and Hogg, 1995). En los trabajos de Viljoen (1998, 1999) con queso Cheddar siempre aparece *Cryptococcus albidus* que no aparece en otros tipos de quesos. Por otra parte es difícil identificar especies características porque las levaduras son aisladas del queso en etapas diferentes en su elaboración, en cada uno de los diferentes trabajos consultados. Es posible que haya una evolución de la población dominante a lo largo del tiempo de maduración, comenzando en las primeras etapas por un conjunto de especies muy común y apareciendo especies más características de los diferentes tipos de quesos en las etapas finales. En la revisión realizada (Beresford *et al.*, 2001) que identifica las especies encontradas en diferentes quesos, se observa que *D. hansenii* fue claramente la especie dominante ya que apareció prácticamente en todos los quesos analizados que incluían Weinkase, Romadour, Limburger, Tilsit, Roquefort, Cabrales, Camembert, Danish Blue and St. Nectaire. Las siguientes especies en abundancia fueron *Kluyveromyces lactis*, *Yarrowia lipolytica* and *Trichospora beigeli*. Basándose en estos datos quizá se pueda concluir que hay una microbiota levaduriforme común en las primeras etapas de la producción de quesos en general que evoluciona a comunidades más características de cada tipo de queso a medida que se avanza en su elaboración. La comunidad final estaría compuesta por esas especies iniciales, muy resistentes y adaptadas a las características comunes de los quesos y algunas otras, que no son detectadas en las etapas iniciales, porque están en pequeña concentración o aparecen por contaminación desde las instalaciones, que podrían tener sus propias especies

características, y adquieren protagonismo en las etapas finales porque están mejor adaptadas a las condiciones de cada tipo queso.

En segundo lugar también observamos que hay especies prevalentes que están en mayor cantidad y ocupan una mayor diversidad de nichos que otras especies de levaduras presentes. La especie más abundante y ubicua es, en todos los casos estudiados, *Debaryomyces hansenii*. Como podemos ver en la tabla 19, tabla 20 y tabla 21 esta especie es la única que se encuentra en todos los nichos analizados: en el aire, en las paredes, en los equipos, en el personal, en el suero y en el interior los quesos desde que entran en contacto con la salmuera. Hay otras especies presentes en varios nichos o ambientes, pero ninguna que esté en todos, como ocurre con *Debaryomyces hansenii*. Esta ubicuidad o capacidad para colonizar diferentes nichos hay que relacionarla con la versatilidad metabólica, con la capacidad para utilizar diferentes fuentes de carbono y energía. En efecto, *D. hansenii* es una especie capaz de crecer en varios azúcares (aunque la capacidad de crecer en lactosa, el azúcar más abundante en la leche sea un carácter variable dentro de la especie) y de utilizar también ácidos orgánicos aunque, de nuevo y sorprendentemente, el uso del ácido láctico, el más abundante en leche fermentada sea otro carácter variable dentro de la especie (Flores *et al.*, 2000). Además, esta especie produce enzimas extracelulares, proteolíticas y lipolíticas que le proporcionan aminoácidos, y ácidos orgánicos como fuente de carbono (Fleet, 1990). Desde este punto de vista de la versatilidad metabólica es interesante hacer notar que la especie *Kluyveromyces marxianus*, la mejor fermentadora de lactosa y además la que podría considerarse más peligrosa desde el punto de vista del deterioro por hinchamiento, ya que produce 4 moléculas de CO₂ por cada mol de lactosa fermentado (Bellaver *et al.*, 2004; Lane and Morrissey, 2010), no parece poder crecer ni mantenerse fuera del ambiente lácteo. En los trabajos analizados (ver tabla 19, tabla 20 y tabla 21) aparece en el suero, en la cuajada, en la salmuera, en el queso en maduración, pero nunca en las paredes, en el aire, ni en los equipos o el personal. La hipótesis que pensamos que podría explicar esta distribución, ligada a la presencia abundante de lactosa es una pobre versatilidad metabólica de esta especie, que en los ambientes de elaboración de queso la haría depender fuertemente de este azúcar lácteo y crecer solo en los nichos en que la lactosa fuera accesible y abundante.

En tercer lugar, no todos los nichos donde el crecimiento de levaduras sería posible están igualmente colonizados, ni en cantidad, ni en diversidad de las especies que los colonizan. Esta última observación o característica ecológica del sistema tiene gran relevancia desde el punto

de vista del aseguramiento de la calidad microbiológica y del control del deterioro que pueden producir las levaduras. El análisis de las tablas y los trabajos ya citados más arriba indica que la maquinaria es el nicho donde más abundante y más diversa es la contaminación. El segundo nicho importante en el que hay una abundante población de levaduras son las salmueras. También es relevante que el personal de trabajo, en contra de lo que podría pensarse tras un análisis superficial, no sea un nicho favorable. Podemos concluir que la higiene personal y en la ropa de trabajo, así como el seguimiento de las buenas prácticas por un personal bien entrenado, mantiene su nivel de contaminación de levaduras a niveles muy inferiores a los de las instalaciones.

II.1.2. Levaduras causantes de deterioro en quesos: hinchamiento y pigmentación

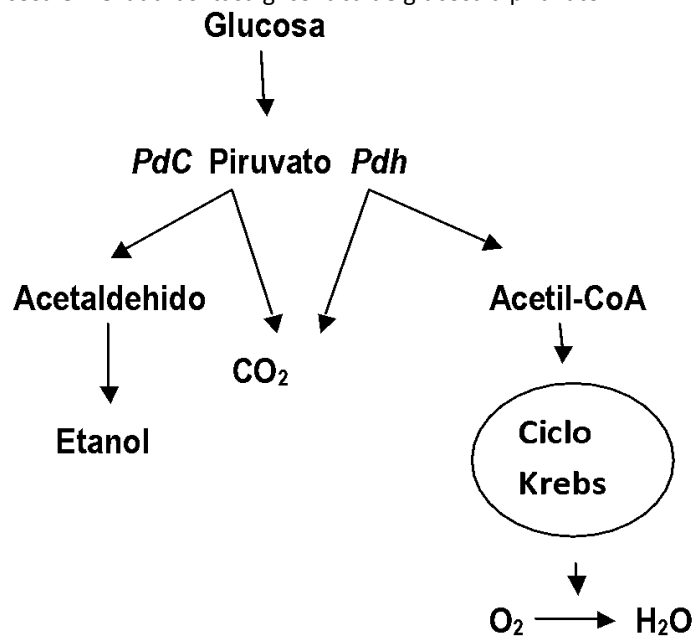
Aunque los estudios sobre las especies de levaduras presentes en los quesos en buen estado y las instalaciones que los han producido son abundantes y por ello pueden sacarse algunas conclusiones generales sobre su prevalencia y distribución, los estudios sobre levaduras identificadas como los agentes etiológicos de diversas alteraciones son mucho más escasos y no hemos encontrado en los trabajos publicados ningún caso de una especie que haya sido identificada como responsable de una alteración que no forme parte de la microflora de los quesos normales. Este dato implica que el deterioro de los quesos por levaduras no se debe a una contaminación exógena, completamente ajena a las levaduras presentes en las instalaciones y por tanto en el queso que producen, sino que se trata de las especies habituales, que se encuentran normalmente en concentraciones bajas y que, en un momento determinado, por causas normalmente desconocidas, comienzan a crecer descontroladamente y provocan la alteración. La concentración que deben alcanzar para la detección macroscópica del daño depende de la alteración y de la especie de levadura. Por ejemplo, en quesos frescos alemanes el olor a levadura lo produce *Geotrichum candidum*, a concentraciones entre 10^3 y 10^4 UFC/g mientras que *Yarrowia lipolytica*, que también produce pigmentación, precisa alcanzar concentraciones mucho más altas de 10^5 a 10^6 UFC/g (Westall and Filtenborg, 1998).

El hinchamiento interior de los quesos, produciendo huecos y grietas, o exterior, hinchando el envase, es una de las alteraciones más encontradas. Se asume que el gas producido es

dióxido de carbono procedente de la fermentación alcohólica realizada por las levaduras a partir de los azúcares presentes. La levadura con mayor poder fermentador es *Saccharomyces cerevisiae* y aunque se ha encontrado en algunos quesos, no suele estar asociada a problemas de hinchamiento en este alimento, aunque sí en otros alimentos fermentados. La razón es que *S. cerevisiae* no es capaz de fermentar la lactosa y por tanto solo produce gas en alimentos azucarados, con glucosa o sacarosa, sin embargo, como veremos más adelante esta no parece ser una razón suficiente, porque la producción de gas fermentativo sí que es atribuida a otras especies que tampoco son capaces de fermentar lactosa. Las especies de levaduras en las que se ha demostrado la capacidad de producir CO₂ fermentativo en quesos no son muchas. El género *Kluyveromyces* es de los más citados. *K. blattae* y *K. thermotolerans* causaron hinchamiento en queso feta. En un caso de hinchamiento de queso feta danés, la especie responsable de la fermentación fue *Torulaspota delbrueckii* (Westall and Filtenborg, 1998). Sin embargo la misma especie provocó un deterioro diferente, mal olor y sabor y crecimiento abundante con colonias visibles, pero sin producción de gas, en un queso italiano stracchino (Sarais *et al.*, 1996). Otras especies como *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces marxianus* y *Kluyveromyces lactis* se han encontrado en otros casos de hinchamiento en quesos, pero su responsabilidad en la producción de gas no ha podido ser demostrada (Westall and Filtenborg, 1998). En el análisis de este problema, aparecen dos dificultades que están siendo difíciles de resolver. En primer lugar está la dificultad de aplicar los postulados de Koch para poder afirmar con rigor científico que la especie aislada es la responsable del daño. Efectivamente los primeros postulados se cumplen sin dificultad: la especie sospechosa aparece en las muestras dañadas, y se puede aislar en cultivo puro, pero cuando se intenta reproducir el daño, no siempre se consigue y además, cuando se consigue el resultado puede ser conflictivo. Este es el caso de los ejemplos citados más arriba, descritos por Westall y Filtenborg (1998). Las especies aisladas e identificadas como responsables por el hinchamiento, *Torulaspota delbrueckii* en queso feta o *Pichia fermentans* y *Pichia norvegensis* en quesos frescos decorados, son las tres incapaces de fermentar lactosa y se desconoce el azúcar que haya podido ser fermentado en cada caso. En los quesos decorados es posible que la decoración llevara glucosa pero en el otro caso solo podría fermentarse la galactosa, procedente de la hidrólisis extracelular de la lactosa por bacterias lácticas, que algunas cepas de *T. delbrueckii* podrían consumir.

Además del problema del sustrato fermentado, que aparentemente no puede ser la lactosa, y no se sabe cuál puede ser, está el problema del control de la fermentación, que unas veces ocurre y otras no. Este problema, como hemos indicado más arriba, tiene dos manifestaciones: la misma especie puede ser fermentadora en un queso y no fermentar en otro y, además, la misma cepa que ha producido el gas en un queso alterado no vuelve a producirlo cuando la reinoculamos en otra muestra del mismo queso. Para analizar el control de la fermentación hay que tener en cuenta que la fermentación alcohólica depende de dos circunstancias ambientales, la concentración de azúcar y la de oxígeno y del control de dos propiedades de la célula, su capacidad de consumo de azúcar, medida por su tasa glicolítica y su capacidad respiratoria (tasa de consumo de oxígeno). En la figura 66 y la tabla 22 se resumen estas dos características y como afectan a la producción de CO₂ fermentativo.

Figura 66. Puntos de control en las rutas metabólicas del catabolismo de la glucosa en levaduras: tasa glicolítica de glucosa a piruvato



La glucosa entra en las levaduras por un sistema de transporte que tiene diferente capacidad dependiendo de la especie. Las que tienen una mayor capacidad suelen ser levaduras fermentativas, siendo *S. cerevisiae* la de mayor capacidad. A través de la glicolisis la glucosa es transformada en piruvato y por esta molécula compiten dos enzimas, la piruvato deshidrogenasa, que lo convierte en acetil-coenzima-A y lo introduce en el ciclo de Krebs, y la piruvato descarboxilasa que lo transforma en acetaldehído, desprendiendo CO₂. La piruvato

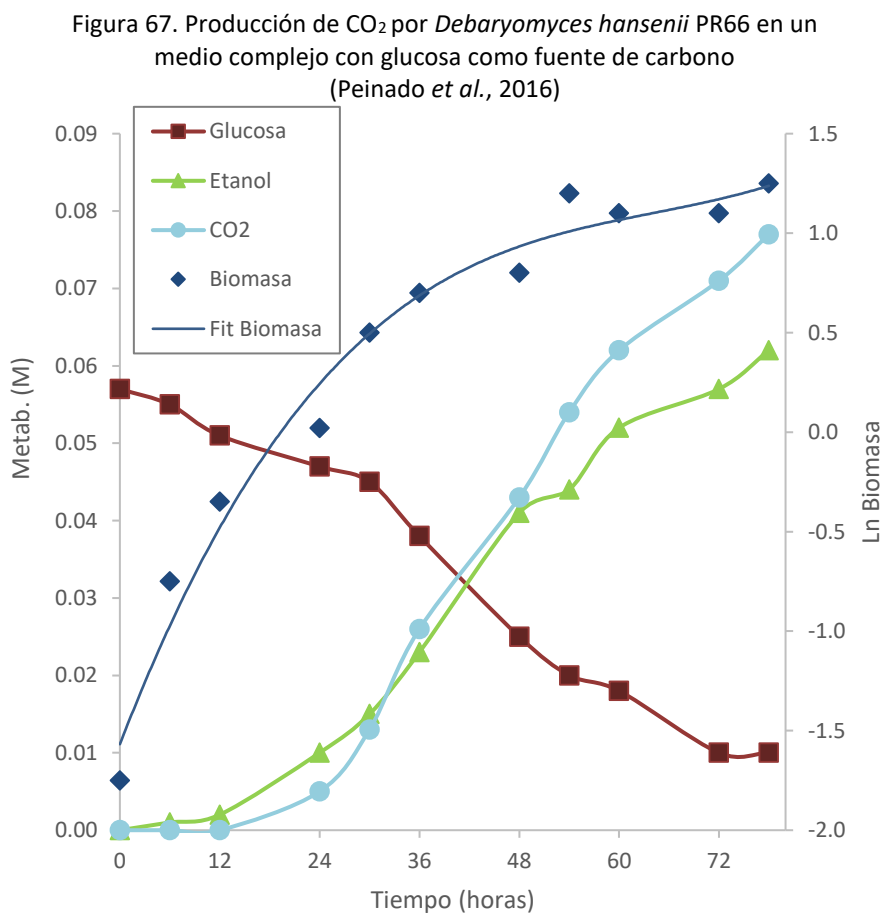
deshidrogenasa tiene mayor afinidad que la descarboxilasa y por tanto, cuando hay oxígeno suficiente para que funcione la cadena respiratoria, todo el piruvato va por esa vía. Solo por limitación en el oxígeno disponible, que limita a su vez la respiración y el metabolismo del piruvato por la deshidrogenasa, puede la descarboxilasa tener oportunidad de captar piruvato y hacer funcionar la vía fermentativa. Pero hay varias excepciones a esta regla. La primera es el caso especial de *S. cerevisiae* que presenta una regulación especial de la síntesis de los citocromos, que queda reprimida cuando la concentración externa de glucosa es alta. Sin citocromos la célula no puede respirar, la vía oxidativa queda cerrada y solo funciona la vía fermentativa, donde todo el piruvato es transformado en etanol y CO₂. Como esto ocurre aunque haya abundancia de oxígeno, a esta fermentación se la llama fermentación aerobia. Esta represión catabólica de la síntesis de citocromos por glucosa se denomina efecto Crabtree, en honor a su descubridor y solo ocurre en *S. cerevisiae*.

Tabla 22. Clasificación de las especies de levaduras según su dependencia de la concentración externa de glucosa y de oxígeno para producir CO₂ fermentativo

Grupo fisiológico Efecto Crabtree	Capacidad respiratoria máxima	Especies (ejemplos representativos)	Condiciones de deterioro (Producción de CO ₂)
Crabtree + y/o Fermentación aerobia	Nula a altas concentraciones de azúcar por represión de la síntesis de citocromos	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Presencia de azúcares fermentables
	Baja. Fermentación producida cuando el flujo glicolítico es mayor que el respiratorio	<i>Zygosaccharomyces sp</i> <i>Torulaspota delbrueckii</i>	Flujos glicolíticos altos.
Crabtree – Fermentación anaerobia	Alta. Puede absorber todo el flujo glicolítico.	<i>Debaryomyces hansenii</i> <i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>Meyerozyma guilliermondii</i> <i>Pichia norvegensis</i> <i>Candida sp</i>	Ausencia de oxígeno

Pero la fermentación aerobia, en presencia de oxígeno, puede tener lugar por otras causas. Es el caso de géneros como *Zygosaccharomyces* o *Torulaspota* en los cuales la capacidad glicolítica máxima es mayor que la capacidad respiratoria de forma que solo a concentraciones pequeñas de glucosa en las que el flujo glicolítico es también pequeño, puede todo el piruvato ser metabolizado por la vía oxidativa. Cuando el flujo glicolítico aumenta y la capacidad de la

vía oxidativa está saturada, el resto del piruvato sigue la vía fermentativa (Leyva *et al.*, 1999). En el resto de las levaduras la capacidad de la vía oxidativa es mayor que el flujo glicolítico máximo y por tanto solo hay fermentación cuando no hay oxígeno. La figura 67 muestra un ejemplo de producción de etanol y CO₂ por una cepa de *Debaryomyces hansenii* aislada en nuestro laboratorio de un chorizo alterado por producción de gas (Peinado *et al.*, 2016). Como se puede observar, no hay fermentación en las primeras 24 horas, cuando todavía hay oxígeno. Una vez que el oxígeno ha sido consumido el azúcar restante comienza a ser fermentado y hay producción de gas. Todos estos casos que hemos descrito, con ejemplos de las levaduras que los presentan, están resumidos en la tabla 22 que resalta las diferentes condiciones ambientales, referidas a la disponibilidad de azúcares y de oxígeno, a las cuales tendrá lugar la fermentación, y por tanto el deterioro, en los diferentes tipos de levaduras.



En la figura 68 se presenta el caso de la presencia tanto en producto control como en producto deteriorado de altas concentraciones de *Meyerozyma guilliermondii*. Esta cepa tiene la capacidad de crecer en lactato por lo que se encontraba presente en todos los yogures y a su

vez es incapaz de fermentar lactosa; el hecho de detectarse el deterioro únicamente en un tipo de producto se debía a que la fermentación ocurre en el caso de pérdida de la cadena de frío y únicamente en el producto que contiene azúcares añadidos.

Figura 68. Hinchamiento por producción de gas en dos yogures contaminados por *Meyerozyma guilliermondii*. Aunque la contaminación es idéntica en ambos yogures solo hay hinchamiento en el yogur con mermelada de fresa (7) que es el único con sacarosa, el sustrato que está siendo fermentado (Wrent *et al.*, 2015)



Por último, debemos hablar, aunque brevemente porque se sabe poco sobre este tema, de la formación de pigmentos en quesos por levaduras. Nos estamos refiriendo a la producción de pigmentos externos y no al crecimiento superficial de especies de levaduras pigmentadas sobre la superficie de los quesos, como es el caso relativamente frecuente, de crecimiento de colonias mucosas de color rojo anaranjado de *Rhodotorula* en la superficie de quesos crema. La levadura más relacionada con la producción de pigmentos es *Yarrowia lipolytica* (Carreira, Paloma and Loureiro, 1998). Sin embargo, estas coloraciones aparecen solo en la superficie de los quesos porque esta levadura es oxidativa estricta y necesita oxígeno para crecer. Las coloraciones internas, en la masa del queso parecen ser debidas al crecimiento de mohos. Aunque estos microorganismos son también oxidativos estrictos, la formación de pequeñas grietas a partir de una mala formación de la corteza sería suficiente para proporcionarles el oxígeno necesario. En estos casos la coloración aparecería, bien como un pigmento difusible

alrededor de la grieta, bien como crecimiento micelial con hifas coloreadas, pero siempre cercanas a la superficie del queso.

Todas estas consideraciones han estado en la base del diseño experimental con el que hemos abordado este capítulo sobre el análisis de la microflora levaduriforme de las industrias de elaboración de queso. Dado que las especies parecen ser comunes y estar presentes en materias primas, equipos e instalaciones, pero no en el personal, nos hemos concentrado en estudiar esos nichos. Además hemos prestado especial atención a las especies que por su ubicuidad y versatilidad metabólica, como *D. hansenii*, o por su peligrosidad para el deterioro, como *K. marxianus*, fermentadora de lactosa, parecen ser protagonistas destacadas dentro del grupo de levaduras.

II.2. Metodología

II.2.1. Métodos de muestreo y aislamiento

II.2.1.1. Muestras ambientales

De varios puntos dentro de la fábrica, recepción, pasteurización, operación en cuba, llenado moldes, salado y maduración se tomaron muestras con hisopos estériles y a continuación fueron sembrados sobre la superficie en YMAC o PDAC complementados con X-gal (0.08 g/L). Además, se tomaron muestras de 7 saladeros de 3 puntos de origen diferentes. Se realizaron diluciones sucesivas y se inocularon en YMAC o PDAC complementados con X-gal (0.08g/L) por siembra en superficie.

II.2.1.2. Muestras de quesos

En este trabajo se analizaron 29 muestras de diferentes quesos: quesos enteros, cuñas y queso rallado. De todas ellas se tomaron 10 g de muestra y se homogenizaron en 90 mL de YMBC. Una vez homogenizado, se realizaron diluciones sucesivas y se inocularon en el medio YMAC o PADC complementados con X-Gal (0.08 g/L), siguiendo la metodología descrita por Miles y Misra (Miles, Misra and Irwin, 1938).

II.2.1.3. Medios y complementos de cultivo

- YMA: *Yeast Morphology Agar* descrito por Wickerham (1951)
 - Glucosa 10.0 g
 - Proteosa de peptona 5.0 g
 - Extracto de levadura 3.0 g
 - Extracto de malta 3.0 g
 - Agar 20g
 - Agua destilada c.s.p. 1000.0 mL
- YMAC: YMA suplementado con 0.5 g/L de cloranfenicol
- PDA: *Potato Dextrose Agar* (PDA: Pronadisa, Madrid, Spain)

- Extracto de patata 4.0 g
- Dextrosa 20.0 g
- Agar 15.0 g
- Agua destilada c.s.p. 1000.0 mL
- PDAC: PDA suplementado con 0.5 g/L de cloranfenicol
- YMB: *Yeast Morphology Broth*
 - Glucosa 10,0 g
 - Proteosa de peptona 5,0 g
 - Extracto de levadura 3,0 g
 - Extracto de malta 3,0 g
 - Agua destilada c.s.p. 1000.0 mL
- YMBC: YMB complementado con 0.5 g/L de cloranfenicol
- YNB: *Yeast Nitrogen Base* (Difco Laboratories, Detroit, EE.UU.)
- Cloranfenicol (Sigma Aldrich Chemie, Steinheim, Alemania)
- X-gal: 5Br-4Cl-3indolil- β -D-galactopiranosido (AppliChem GbmH, Darmstadt, Alemania)

Los medios son esterilizados a 121 °C durante 20'.

II.2.2. Identificación y conservación de las cepas aisladas

II.2.2.1. Levaduras

Las cepas de levaduras aisladas se mantuvieron en tubos de PDA a 27 °C. Las levaduras fueron identificadas mediante métodos moleculares. El DNA genómico se aisló mediante el método descrito por (Lõoke, Kristjuhan and Kristjuhan, 2011). Para amplificar la región D1/D2 del dominio 26S del DNA ribosómico fueron empleados los cebadores NL1 (5'-GCATATCAATAAGCGGAGGAAAAG-3') y NL4 (5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG-3') (Kurtzman and Robnett, 1998). La región 5,8S-ITS del DNA ribosómico se amplificó utilizando los cebadores its 1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') y its 4 (5'TCCTCCGCTTATTGATATGC3') descritos por (White *et al.*, 1990). Para la identificación de *Debaryomyces hansenii* se emplearon cebadores específicos descritos por (Wrent *et al.*, 2014).

Los fragmentos de DNA se secuenciaron en ambas direcciones. Para el tratamiento y corrección de secuencias se utilizaron los programas Chromas V 1.43 (Brisbane, Australia) y EditSeq del programa Lasergene (DNASTAR, EE.UU.). Las secuencias se alinearon con el programa MegAlign del paquete informático Lasergene con el método Clustal (Wilbur y Lipman, 1983).

II.2.2.2.Mohos

Los hongos filamentosos aislados se mantuvieron en placas de PDA a 27 °C. Los diferentes hongos fueron identificados a nivel de género. Para la identificación taxonómica de los hongos se siguieron entre otros los criterios de (Barnett and Hunter, 1972; Mathur and Kongsdal, 2003; Watanabe, 2010).

II.2.3. Estudio de las capacidades metabólicas de las cepas de levadura

II.2.3.1.Utilización de diversas fuentes de carbono como única fuente de carbono y energía

Se estudiaron en 56 cepas de levaduras su capacidad de asimilar las siguientes fuentes de carbono como única fuente de carbono, D- Glucosa, Lactosa y DL- Lactato. Las fuentes de carbono se prepararon a una concentración de 50 g/L en YNB (Yeast Nitrogen Base, Difco), el DL- Lactato se ajustó a pH 5.5. Todas las fuentes se esterilizaron por filtración y se añadió 0.5 mL a tubos conteniendo 4.5 mL de agua estéril. Los tubos se inocularon con 0.1 mL de una suspensión correspondiente a 0.5 de Mc Farland (10^6 células /mL) de un cultivo de 24-48 h en PDA, y se realizaron dos lecturas, una a los 7 días y la segunda a los 14 días. Se consideró la aparición de turbidez como un resultado positivo.

II.2.3.2.Fermentación de azúcares

Para la fermentación de lactosa, se preparó un medio base (Extracto de levadura 4.5 g/L, Proteosa de peptona 7.5 g/l y 0.5 g/L de Azul de Bromotimol). La fuente de carbono se preparó en concentración de 60 g/L) y se esterilizó por filtración. De la solución concentrada se añadió

1 mL a tubos que contenían 2 mL de medio base y una campana Durham invertida, resultando una concentración final de 20 g/L de lactosa. Los tubos se inocularon con 0.1 mL de una suspensión (6 de la escala McFarland, $\approx 10^8$ células/mL), de un cultivo de 24-48h en PDA y se incubaron a 27 °C durante 21 días, con lectura cada 24h. Se consideró como prueba positiva la presencia de ácido (viraje del indicador de color verde a amarillo) junto con la presencia de gas recogidas dentro de la campana Durham.

II.2.4. Test de efectividad de desinfectantes industriales

Se ha realizado un test de efectividad de los productos industriales empleados en dos de las queserías colaboradoras. Los microorganismos empleados han sido aislados de diferentes quesos que presentaban diversos tipos de alteraciones como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Cepas de levaduras empleadas en los test de efectividad de desinfectantes industriales

Especie	Cepa
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	101.1
<i>Yarrowia lipolytica</i>	97.1
<i>Debaryomyces hansenii</i>	24
<i>Debaryomyces hansenii</i>	55
<i>Debaryomyces hansenii</i>	56
<i>Debaryomyces hansenii</i>	96.1
<i>Debaryomyces hansenii</i>	96.2

Los desinfectantes utilizados fueron seleccionados por ser los que se han empleado en las diferentes fábricas muestreadas en los lugares donde han sido aisladas las levaduras. Todos los desinfectantes fueron mezclados con agua estéril para obtener la concentración deseada. Dichas concentraciones son las recomendadas en ficha técnica por el fabricante del producto.

Tabla 24. Desinfectantes industriales empleados y sus características

Tabla desinfectante	Concentración (%)
P3-topax 66	1 – 2 – 3
Cepofoam	1 – 2 – 3
Hipoclorito	1 – 2

Para determinar el efecto de los desinfectantes se ha empleado el método descrito por (Korukluoglu, Sahan and Yigit, 2006). Los tubos con desinfectante (5 mL) a las

concentraciones indicadas en la Tabla 24 se inocularon con 1 mL de una suspensión correspondiente a 0.5 McFarland (10^6 células·mL⁻¹) de un cultivo de 24-48 h en PDA. Posteriormente se incubaron a temperatura ambiente a dos tiempos: durante 1 minuto y 15 minutos. Pasado el tiempo establecido se procedió a inocular 1 mL (la mezcla de levadura y desinfectante) en 5 mL de PDB (*Potato Dextrose Broth*) y se realizó la incubación a 28 °C durante 24-72 h. El crecimiento se siguió mediante la observación de turbidez. A las 24 h se realiza la primera lectura y la segunda a las 48h, considerando resultado positivo a crecimiento la observación de turbidez. En los casos donde el crecimiento resultó dudoso a los 48 h se dejó incubar 24 h adicionales hasta las 72 h. Todos los ensayos se realizaron por cuadruplicado. Se realizaron bajo las mismas condiciones con cepas crecidas en PDB sin desinfectante, así como tubos con desinfectante sin inóculo.

II.2.5. Inoculación superficial de quesos con suspensiones de esporas de mohos

Las suspensiones de esporas se prepararon a partir de cultivos esporulados de 7 días en Agar Czapek Dox Modificado (Pronadisa, España) inundados con una solución de suero salino estéril (9 g/l cloruro sódico) con Tween-20 al 0.05%. La suspensión se recogió tras raspar la superficie con una varilla de vidrio y se filtró a través de papel Whatman N°1. La concentración de las suspensiones se valoró por recuento microscópico utilizando una cámara de Thoma y, cuando fue necesario, se diluyeron hasta las concentraciones adecuadas con suero salino estéril. Fueron inoculados 36 quesos de un mismo lote de fabricación en la superficie de una de las caras planas, con 4 aislados diferentes de hongos (75.1; 76.1; 83.2; 88.2) a una concentración de 10^6 esporas/mL. Además del crecimiento de cada cepa de hongo se quería conocer la incidencia que los defectos en corteza tenían sobre la capacidad del moho en entrar dentro del queso; por este motivo se simulaban puntos de acceso con punciones sobre la superficie del queso.

Cada queso se dividió en 4 sectores diferentes y sobre cada sector se llevaron a cabo condiciones diferentes según las 2 variables analizadas: inoculación con moho y perforación. El esquema de inoculación y perforación es el que se describe en la figura 70.

Los quesos se mantuvieron en sus condiciones habituales de maduración en cámara controlada y se revisaron a los 67 y 109 días.

Figura 69. Inoculación en la cara plana del queso de cultivos puros de mohos aislados en muestras de queso con defectos

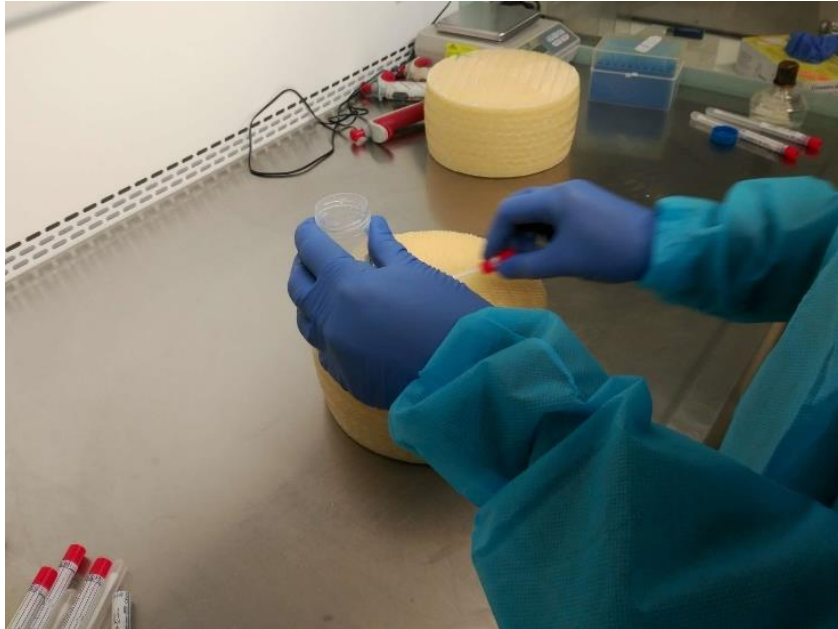
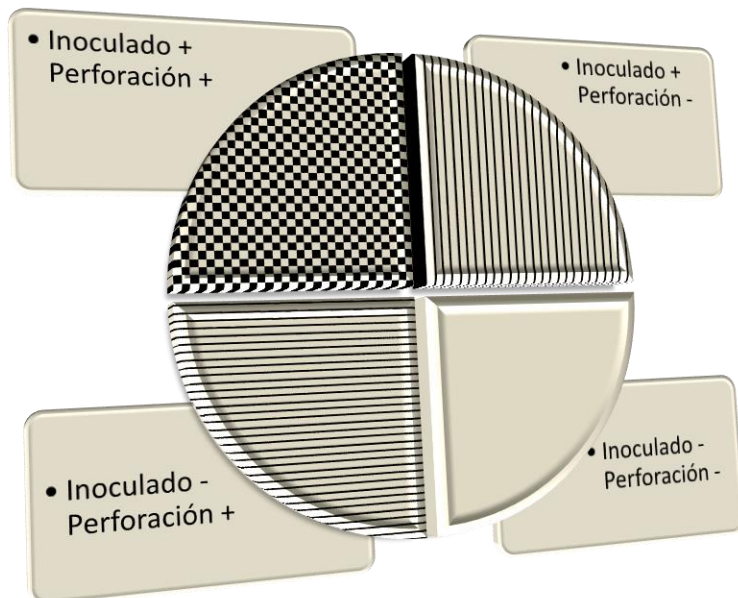


Figura 70. Esquema de inoculación de las diferentes cepas de mohos sobre una de las caras planas del queso

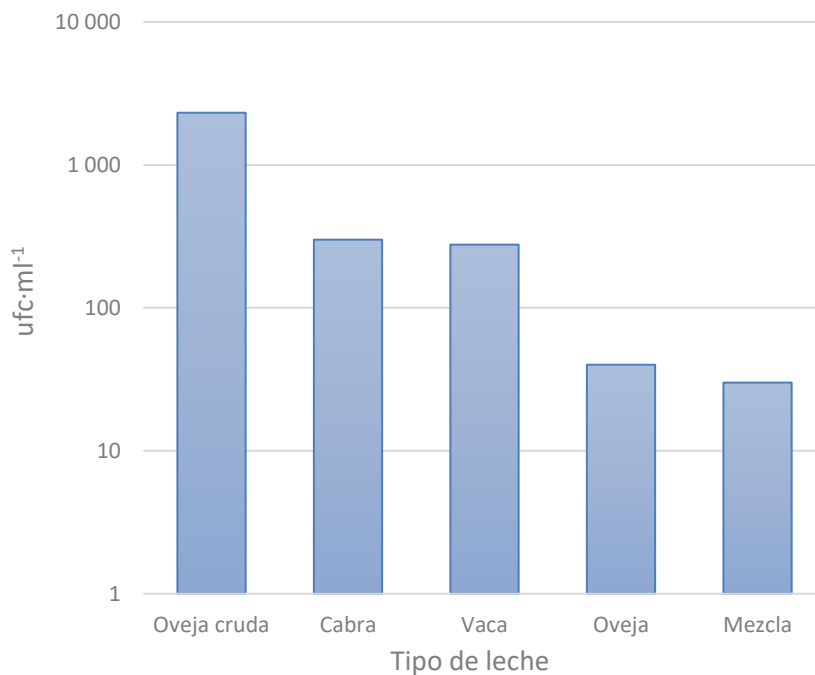


II.3. Resultados y discusión

II.3.1. Las levaduras presentes en las instalaciones de elaboración de quesos

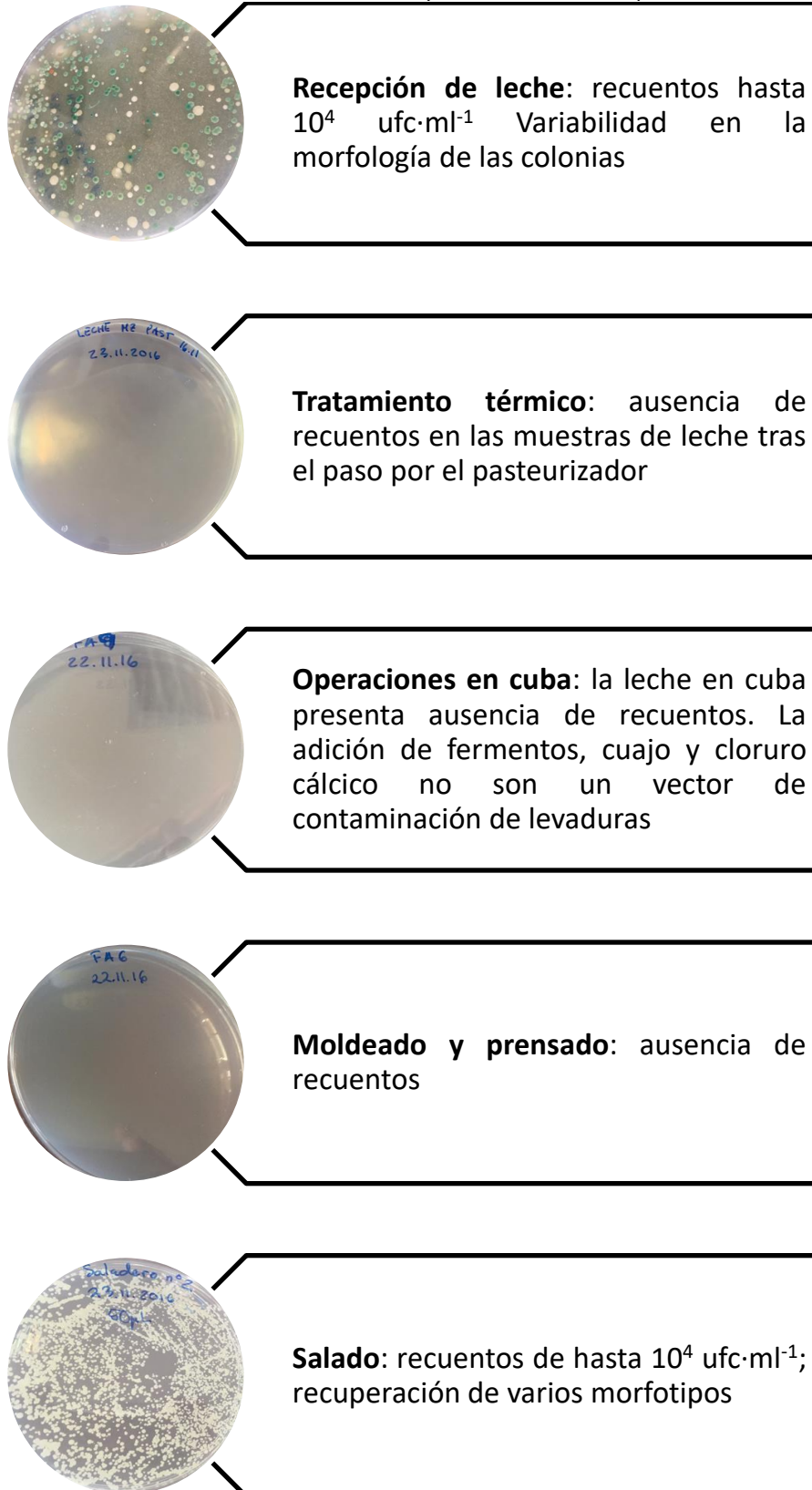
Se ha realizado un análisis de las etapas del proceso de elaboración desde la recepción de la leche en los centros lácteos hasta la completa elaboración de los quesos. El análisis no ha incluido la maduración. Los resultados obtenidos en una de las fábricas, en la que el estudio fue más completo y se extendió a todas las fases del procesado como se muestra en la figura 72. Las placas de aislamiento mostraron por un lado la presencia natural de levaduras en leche cruda y por otro la efectividad de los tratamientos térmicos llevados a cabo en esa industria láctea.

Figura 71. Recuento de levaduras en queso elaborado con diferentes tipo de leche a la salida de salmuera



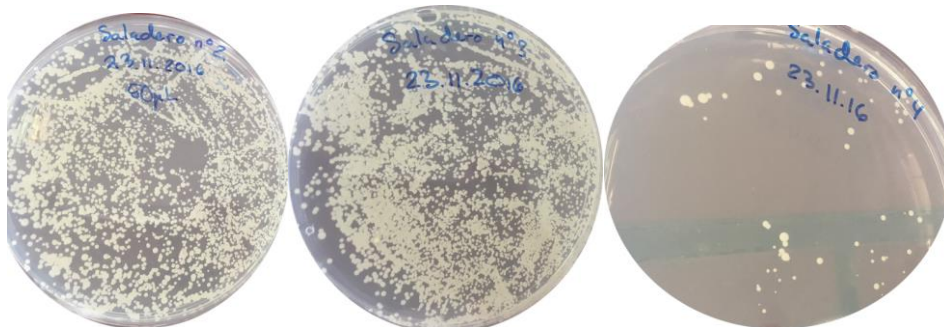
Los valores de levaduras en leche cruda encontrados están en línea con estudios previos sobre quesos elaborados a partir de leche de vaca pasteurizada (Welthagen and Viljoen, 1998, 1999; Torkar and Vengušt, 2008).

Figura 72. Representación de la microbiota levaduriforme aislada de las muestras tomadas a lo largo del proceso de elaboración del queso: se muestra visualmente la presencia en la materia prima, la eficacia del tratamiento térmico y la recontaminación posterior



En la recepción de leche en los centros lácteos se han identificado numerosos morfotipos. El tratamiento térmico ha demostrado ser efectivo al no haberse recuperado ninguna colonia de levadura en las muestras analizadas. En todas las instalaciones sobre las que se ha realizado el análisis y las sucesivas repeticiones no ha habido contaminación cruzada en la cuba de elaboración ni en el moldeado de los quesos. El suero lácteo analizado proveniente de la elaboración de cuba y moldeado no ha presentado recuentos. Los quesos analizados después del moldeado y previo paso a la entrada de salmuera sí que presentan levaduras en superficie pero no en el interior. Los mismos quesos analizados a la salida de salmuera presentan recuentos de levaduras en la pasta del interior del queso. Este resultado es especialmente significativo porque muestra el punto donde las levaduras penetran en el interior del queso y apunta al control de las especies de levaduras presentes en la salmuera como una herramienta importante para evitar alteraciones posteriores en el queso a lo largo del proceso de elaboración subsiguiente. Las levaduras presentes en las salmueras utilizadas en la elaboración de queso han sido estudiadas extensivamente (Seiler and Busse, 1990; Viljoen and Greyling, 1995; Jakobsen and Narvhus, 1996; Welthagen and Viljoen, 1998, 1999). El número y la variedad de especies encontradas son semejantes a las que los mismos autores encuentran en el ambiente que rodea los saladeros, pero lo que destaca sobre todo es su gran variabilidad a lo largo del tiempo en un mismo saladero y entre saladeros de una misma fábrica, como hemos comprobado en este estudio.

Figura 73. Recuentos de levaduras en salmuera procedente de saladeros independientes: representación visual de las diferencias de concentración de levaduras en los mismos



Esta gran variabilidad podría estar justificada por la naturaleza dinámica del proceso y los distintos métodos de regeneración de la salmuera en cada fábrica, ya que si los quesos pasan todos un mismo tiempo sumergidos en la salmuera las condiciones de ésta no siempre son las

mismas. Esta variabilidad que nosotros también hemos encontrado, ya había sido descrita previamente, incluso en análisis en días consecutivos (Manolopoulou et al. 2003). Entre las causas que se sugieren para explicar esta variabilidad se incluyen la eficiencia de la pasteurización, la variación en la concentración de sal, la variación en temperatura y contaminaciones accidentales procedentes del ambiente de los saladeros. En esta tesis ya se ha descrito que la eficiencia de la pasteurización parece demostrada por lo que habría que descartar esa hipótesis. La temperatura y la concentración de sal están bien controladas y los datos registrados no aportan variaciones significativas. Por tanto las levaduras presentes en las salmueras y su concentración debe depender de las especies presentes en el ambiente que rodea los saladeros y en las oportunidades de crecimiento que las condiciones fisicoquímicas de la salmuera determinen. En este sentido puede ser relevante describir la formación de espuma que eventualmente ocurre en algunos saladeros. La espuma parece tener una población de levaduras específica ya que se observa un solo morfotipo. Sin embargo más interesante es destacar que hay algunas especies habituales de industrias queseras, como *Kluyveromyces marxianus*, que son especialmente peligrosas, ya que fermentan lactosa con producción de gas, que en nuestro caso solo hemos detectado en los saladeros de una de las tres queserías estudiadas, precisamente la que detectó problemas por fermentación interna de quesos prensados. Un análisis más detallado de esta relación la realizaremos más adelante. En todo caso hay que resaltar la importancia del proceso de salado como introductor de levaduras en el interior de la pasta del queso. Aunque, como hemos descrito más arriba, todos los autores consultados destacan la importancia del proceso del salado en salmueras para establecer la microbiota levaduriforme del queso, no hemos encontrado ninguna referencia sobre la naturaleza y cinética del proceso. No hay duda de que la inmersión en salmuera contribuye al desuerado, es decir, el queso sale de este proceso con menos agua de la que entró, y la naturaleza osmótica del proceso físico así lo predice. El agua saldrá del queso para diluir la concentrada solución externa, por lo que no es fácil imaginar la entrada de levaduras frente a corrientes de suero saliendo de interior del queso. Sin embargo esta es una visión excesivamente simplista del proceso porque parte de un abordaje puramente termodinámico, de consideración de estados iniciales y finales. Es indudable que el balance neto del proceso es la pérdida de agua por el queso, pero durante las horas que permanece sumergido puede haber también corrientes de entrada y de hecho tiene que haberlas porque entra sal y el queso queda más salado, que es otro de los objetivos de este proceso. En esas corrientes que

introducen la sal podrían entrar también las levaduras y otros microorganismos. Aunque no lo hemos podido realizar en esta tesis, creemos que, dada su importancia desde el punto de vista de la colonización microbiana del queso, este proceso debería ser estudiado con más detalle, estableciendo la cinética de incorporación de los microorganismos a la masa del queso y su dependencia de condiciones ambientales tales como pH, temperatura, salinidad y microbiota acompañante en los saladeros. Insistimos en su importancia, recordando la doble misión que las levaduras pueden realizar en el queso, aportando actividades enzimáticas positivas pero también negativas. Un abordaje parcial que pretendiese controlar el riesgo de deterioro eliminando la incorporación de levaduras al queso durante el salado, estaría alterando a la vez el desarrollo de algunas de sus características organolépticas dependientes de la actividad de las enzimas microbianas.

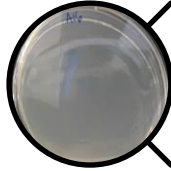
Por tanto, la microbiota de las salmueras no puede ser eliminada, a no ser que se compruebe que no tiene ningún efecto positivo, pero sí debe ser controlada. Ya hemos indicado más arriba que su composición depende fundamentalmente de la microbiota ambiental, por ello nuestro análisis ha incluido elementos accesorios como suelos, utensilios, cintas y superficies con resultados que se resumen en la figura 74.

El suelo de las queserías, así como las superficies de transporte y soporte de los quesos han presentado recuentos de levaduras con morfotipos específicos de cada sala de elaboración. En general las instalaciones se encuentran en muy buenas condiciones higiénicas tanto visualmente como tras el análisis de los resultados de recuentos de levaduras. Se puede identificar un gradiente de presencia de levaduras a lo largo de las etapas del proceso; como se ha descrito más arriba, a partir de la pasteurización hay ausencia de levaduras y según avanza el proceso van apareciendo en mayor número y diversidad. Este dato reafirma la necesidad del establecimiento de buenas prácticas en cuanto a los flujos de personas y materiales: el diseño de las instalaciones debe permitir flujos *siempre-hacia-adelante* para evitar las contaminaciones cruzadas desde etapas posteriores. Igualmente se confirma la necesidad de diferenciar las zonas por nivel de higiene, siendo la pasteurización la etapa que delimita las zonas *limpias* de las que manejan leche cruda sin olvidar que unas instalaciones *estériles* además de imposibles pueden nos ser convenientes.

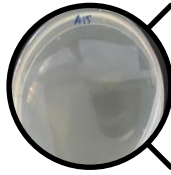
Figura 74. Representación visual de la microbiota levaduriforme en los elementos accesorios en la elaboración de queso



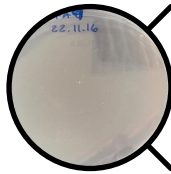
Entradas higiénicas a fábricas: ausencia de levaduras y hongos en el suelo así como en el agua de lavado de botas.



Elementos de la cuba de elaboración: ausencia de recuentos de levaduras



Suero de cuba: el suero extraído como subproducto de la elaboración de queso está libre de levaduras en esta etapa



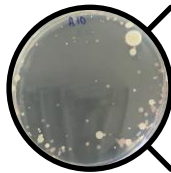
Moldes: ausencia de recuentos en el interior y en el exterior de los moldes en los que se dará forma a la cuajada



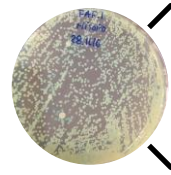
Suero de prensa: recuentos de hasta 10^2 ufc·ml⁻¹ en el suero recogido de la etapa de prensado de los quesos en los moldes



Suelos: recuentos elevados en el suelo de las zona de prensado de quesos



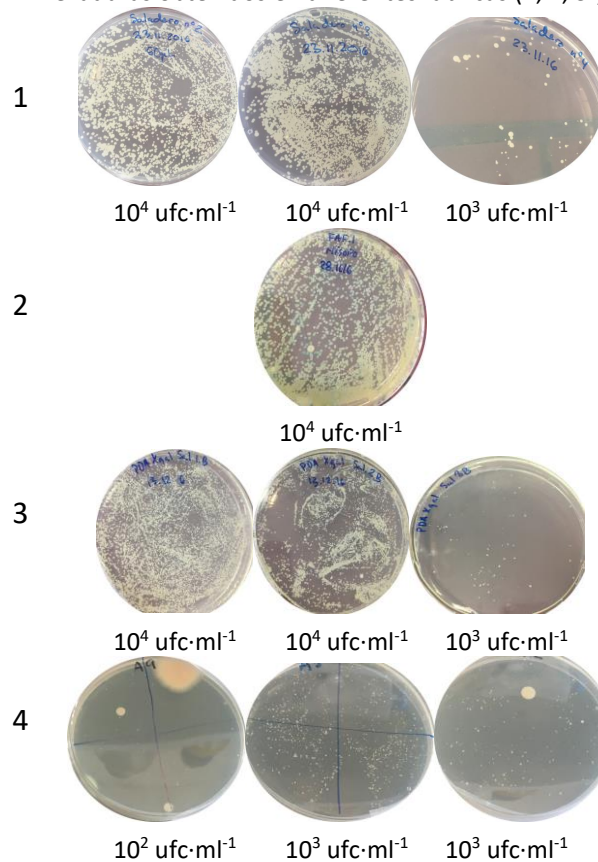
Suelos: recuentos con varios morfotipos en el suelo de los saladeros



Saladeros: recuentos con varios morfotipos en las salmueras de los saladeros donde se sumergen los quesos para su salado

Las instalaciones sobre las que se ha realizado la toma de muestras en ocasiones tenían más de una salmuera lo que ha permitido hacer un análisis de su variabilidad.

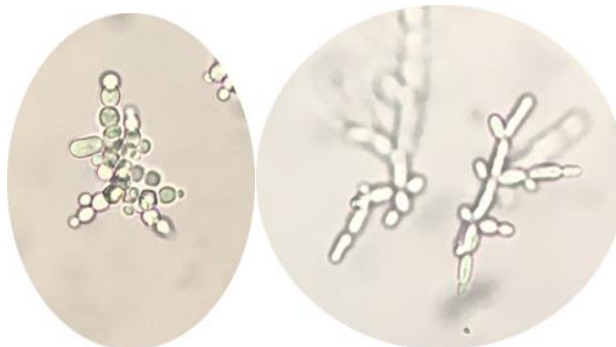
Figura 75. Representación visual de la variabilidad de recuentos de levaduras obtenidos en diferentes fábricas (1, 2, 3 y 4)



Como hemos comentado existe una gran variedad de recuentos entre los saladeros de una misma fábrica y entre saladeros de fábricas diferentes, sin embargo los morfotipos encontrados parecen ser similares excepto en un caso de especial interés que ocurrió en una de las fábricas estudiadas, donde se había detectado la producción de gas en el interior de un grupo de quesos, de los que se aisló *Kluyveromyces marxianus*, una especie buena fermentadora de lactosa.

En un análisis con posterioridad se comprobó que el saladero donde habían estado esos quesos era el único que mostró la presencia de *Kluyveromyces marxianus* en la salmuera. Discutiremos este punto más adelante porque plantea el problema de la recontaminación de la salmuera a partir del ambiente, que aunque no es la salmuera esta especie sí es detectada en el resto de instalaciones.

Figura 76. Morfotipos aislados de salmueras



Para concluir este apartado se recuerda que se han identificado dos etapas que han marcado la diferencia en cuanto a la presencia de levaduras en los quesos a lo largo del proceso de su elaboración: el prensado y el salado. En los quesos después de la etapa de prensado se han detectado levaduras en la superficie del queso y después del salado se han detectado en la superficie pero también en su interior.

Figura 77. Quesos analizados antes (izquierda) y después de la etapa de salado (derecha)



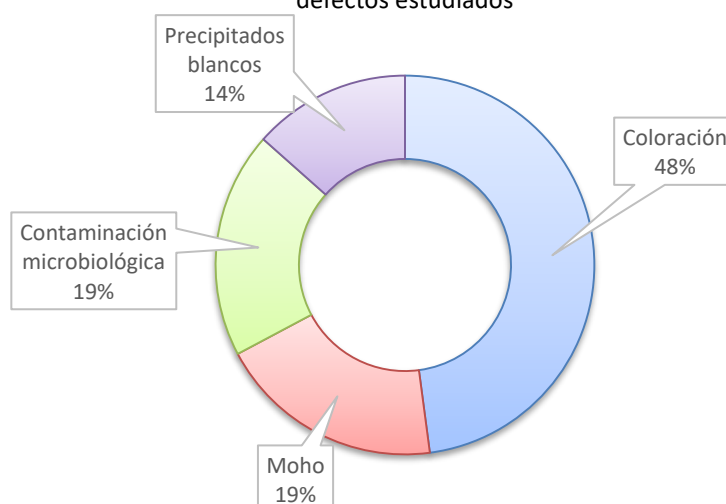
La conclusión final de este apartado es que las levaduras forman parte del sistema ecológico de una quesería durante su funcionamiento habitual, con una microbiota común pero en la que también aparecen especies que puede aportar el carácter propio de cada instalación. Si bien una fábrica en su estado normal de producción contiene levaduras que presumiblemente aportan características organolépticas positivas al queso, también hemos visto en el capítulo anterior como esas mismas levaduras que forman parte de la microbiota normal pueden

deteriorar los quesos ocasionando pérdidas económicas considerables. Al estudio de quesos alterados se dedica la sección siguiente de este capítulo.

II.3.2. Alteraciones en los quesos

En esta sección describimos el análisis microbiológico de 34 muestras diferentes, recibidas en el laboratorio durante tres años. El origen de los quesos era diverso tanto en procedencia de la quesería elaboradora como de la tecnología empleada y de la ubicación geográfica. De cada muestra se tomaron alícuotas, en zonas alteradas y no alteradas de la muestra y se procedió a un aislamiento de la microbiota eucariótica (mohos y levaduras) tal como se ha descrito en Material y Métodos. Las alteraciones encontradas en estas muestras fueron definidas previamente en el primer capítulo de esta memoria, en el que se ha realizado una revisión de los datos estadísticos publicados sobre alteraciones microbiológicas detectadas en quesos. Aunque no hicimos selección de las muestras ya que incluimos en nuestro estudio todas las recibidas, las muestras llegadas al laboratorio parecen representativas de la problemática general porque mantienen una proporción comparable a la descrita en la revisión estadística (Figura 78). La mayoría de las alteraciones, cercana al 50%, la constituyen los problemas asociados a la presencia de mohos, que suele incluir producción de pigmentos, difusibles o no, seguida por los problemas de hinchamiento, aquí definidos como contaminación microbiológica, que es la nomenclatura que se usó en el Capítulo I para seguir la utilizada en los informes estadísticos. Se han aislado un total de 165 cepas asociadas a las alteraciones encontradas: producción de pigmentos e hinchamiento interno y/o externo por producción de gas fermentativo.

Figura 78. Categoría de síntomas sobre las muestras de quesos con defectos estudiados



II.3.2.1. Alteraciones detectadas

Las coloraciones son defectos visuales que se han observado habitualmente en la superficie de los quesos y en ocasiones en el interior a pocos milímetros de la superficie. Dichas coloraciones están habitualmente asociadas al crecimiento de mohos y levaduras. En la categoría moho, el síntoma y el origen son coincidentes. El defecto se asocia a la presencia de moho que produce un defecto visual en algunos casos, como puede ser en la superficie de quesos enteros, y en otros casos es un defecto en el envase al haber crecimiento de moho antes del fin de la fecha de consumo preferente. Este tipo de defectos, como se ha comprobado, está altamente correlacionado con pérdidas de hermeticidad del envase. La contaminación microbiológica se relaciona con envases hinchados principalmente por la generación de gas por parte de levaduras; este es un caso poco frecuente en la bibliografía que se detalla más adelante. Es habitual en la industria atribuir defectos de hinchamiento de envases a contaminación microbiológica; tras lo analizado en esta investigación es razonable pensar que no se trate obligatoriamente de una contaminación sino de un cambio metabólico en la cepa naturalmente asociada al proceso o bien en un cambio del ecosistema y de las relaciones entre los diferentes grupos de microorganismos presentes en el queso. Por último la aparición de precipitados blancos tiene un origen físico-químico y no hay una clara relación con ningún microorganismo implicado. Se debe a la insolubilización de lactato cálcico o tirosina según el tipo de queso. Los cristales de tirosina aparecen en el interior de los quesos y no en su superficie y siempre están asociados a quesos de larga maduración donde según las variedades se considera un atributo de calidad; la aparición en quesos tiernos o semicurados es considerada como un defecto. Los cristales de lactato cálcico pueden aparecer tanto en el interior como en superficie y no son considerados un defecto siempre que el tamaño sea lo suficientemente pequeño para no dar una sensación de aspereza en la degustación. En todo caso las muestras que presentaban este síntoma pertenecían, bien a quesos de alta maduración o bien a quesos que habían estado varios meses envasados. Los precipitados de lactato cálcico se deben a la reacción entre el lactato libre y el calcio libre y su insolubilización a medida que los quesos pierden humedad (Dybing *et al.*, 1988). En el caso de precipitados de lactato cálcico las levaduras que usan como fuente de carbono el lactato podrían prevenir la aparición de los cristales al disminuir la concentración del lactato cálcico disponible.

II.3.3. Levaduras presentes en quesos deteriorados

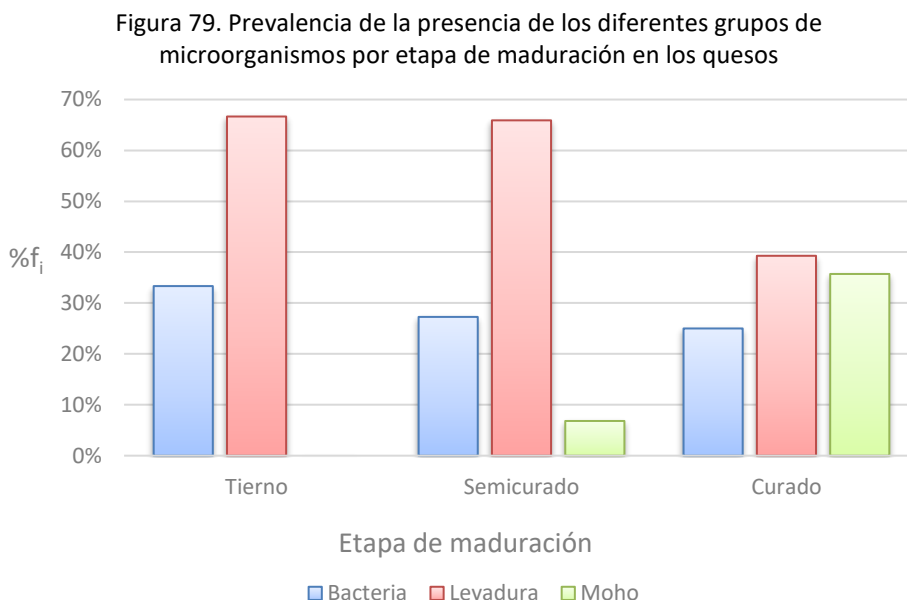
De las 34 muestras analizadas se han aislado como dijimos 165 cepas microbianas; el análisis se ha realizado sobre 98 tipos tras el descarte de los tipos asociados morfológicamente a las bacterias lácticas empleados por las queserías origen de las muestras y los morfotipos que no han sido identificados. De los 98 tipos el 82 % con levaduras y el 18 % mohos. Se han identificados 78 cepas pertenecientes a 8 géneros. La levadura predominante con el 74 % sobre el total de levaduras identificadas es *Debaryomyces hansenii* seguida de *Yarrowia lipolytica* y *Kluyveromyces marxianus* con un 8 % y un 4 % respectivamente. Las especies son las mismas que repetidamente aparecen citadas en todos los trabajos sobre quesos en buen estado y, en el caso de *K. marxianus* y *Y. lipolytica*, también en alteraciones por hinchamiento y por producción de pigmentos respectivamente. Como ya hemos citado en la introducción de este capítulo, la presencia de estos géneros ya está descrita en varios estudios previos en los que se analiza la presencia de levaduras en quesos (Viljoen and Greyling, 1995; Welthagen and Viljoen, 1998, 1999; Law, Barry A., Tamime, 2000; Fleet, 2003; Fuquay, Fox and McSweeney, 2011). También, como se puede observar en muchos de los trabajos publicados, en cada nuevo estudio aparece la citación de una especie o varias especies que no habían sido previamente encontradas en quesos deteriorados. Fue el caso de *Pichia norvegensis* asociada por primera vez a muestras de queso *cottage* alterado (Westall and Filtenborg, 1998), que se han vuelto a encontrar en las muestras analizadas en este trabajo. También se han encontrado dos especies, que según creemos, no habían sido nunca antes citadas en muestras de queso deterioradas: *Pichia cactophila* y *Candida infanticola*

Tabla 25. Microbiota levaduriforme en queso. Comparativa de identificación con estudios previos

Especie	Identificación 2016	Viljoen 1995	Welthagen 1998	Welthagen 1999	Fuquay 2011
<i>Debaryomyces hansenii</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Yarrowia lipolytica</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Candida zeylanoides</i>	✓	✓	✓		✓
<i>Rhodotorula sp</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pichia cactophila</i>	✓				
<i>Candida infanticola</i>	✓				
<i>Pichia norvegensis</i>	✓				
<i>Torulasporea delbrueckii</i>	✓	✓	✓	✓	✓

Por tanto, las especies identificadas se corresponden con las especies presentes en los quesos de forma natural. Por otra parte, se confirma que son especies ubicuas y presentes en quesos procedentes de diferentes tecnologías y diferentes orígenes geográficos. Además, la prevalencia se mantiene en el tiempo a la vista del mantenimiento de su presencia en los estudios de años sucesivos en la que se incluyen en esta investigación (tabla 25).

Con respecto a la evaluación de las muestras analizadas y en línea con la bibliografía se constata la tendencia a la disminución de los recuentos de las levaduras ante la presencia relativamente creciente del resto de microbiota acompañante, siendo los mohos la población en aumento a medida que avanza la maduración.



II.3.4. Diversidad intraespecífica de las levaduras del queso: el caso de *D. hansenii*

En las secciones anteriores de este capítulo hemos visto en primer lugar que las levaduras presentes en las instalaciones de elaboración de queso son casi las mismas, con pequeñas diferencias específicas, en casi todas las instalaciones industriales en todo el mundo (tabla 25) y que los quesos deteriorados no muestran una población diferente, por lo que tenemos que concluir que las levaduras que producen el deterioro pertenecen a las mismas especies que están presentes en los quesos sin deteriorar. Además de la obvia importancia de las condiciones ambientales presentes en el momento del deterioro, una explicación

complementaria, que no excluye la anterior, a esta paradoja de que la misma especie pueda causar deterioro o no, podría estar basada en un concepto equivalente a la virulencia en los microorganismos patógenos. De la misma forma que existen cepas virulentas de una especie y otras que no lo son, podría existir en las especies de levaduras presentes en el queso unas que fueran deteriorantes y otras que no lo fueran. Esta diversidad intraespecífica debería ser analizada y codificada para poder obtener un índice de peligrosidad de las cepas encontradas. En esta sección hemos hecho un análisis de las características metabólicas que les facilitan el crecimiento en los quesos, ya que el crecimiento abundante es una condición necesaria, aunque no suficiente para provocar el deterioro.

D. hansenii es la especie con mayor prevalencia de todo el estudio estando presente en 17 de las 34 muestras analizadas y además de la que se han obtenido un mayor número de cepas, 58. Por ello el presente estudio ha sido realizado con esta especie.

Para estudiar el perfil metabólico de cada una de las cepas aisladas, se midió su crecimiento en cada una de las fuentes de carbono seleccionadas: glucosa, lactato, lactosa y galactosa, según se ha descrito en II.2 Metodología. Los resultados se muestran en la tabla 26.

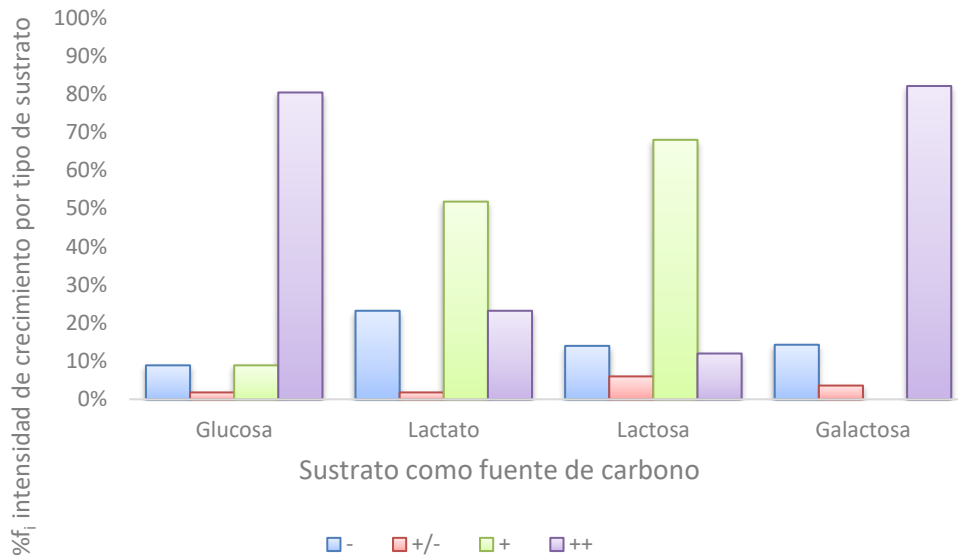
El resultado esperado con respecto a la glucosa era que todas las cepas crecieran en este azúcar, porque habían sido aisladas en agar patata dextrosa en el que el azúcar presente es la glucosa ($20 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$). Sin embargo y sorprendentemente, 5 cepas (9 %), fueron incapaces de mostrar crecimiento en el ensayo de crecimiento, por lo que solo el 91 % de las cepas fueron positivas a crecimiento en glucosa.

Con respecto a la galactosa, también la proporción de cepas positivas fue muy alta (87 %). Este alto resultado era esperable porque la especie se considera galactosa positiva. En relación al tercer azúcar, la lactosa, el resultado fue semejante en cepas positivas, aunque ligeramente inferior (86 %). Este resultado no era predecible porque la lactosa es un carácter variable en esta especie. Lo mismo ocurre con el crecimiento en lactato, que es también un carácter variable para la especie. En este caso el porcentaje de cepas positivas fue significativo pero inferior a los anteriores. Aun así, más de dos tercios de las cepas (77 %) dieron positivas para la capacidad de usar el lactato como única fuente carbono y energía.

Tabla 26. Capacidad de crecimiento en diferentes sustratos de 56 cepas de *D. hansenii* aisladas de muestras de queso. Crecimiento no detectado se representa por el símbolo “-”, dudoso “-/+”, crecimiento débil “+/-”, crecimiento “+” y crecimiento muy abundante “++”/“+++”

Código cepa	Crecimiento glucosa	Crecimiento lactato	Crecimiento lactosa	Crecimiento galactosa	Fermenta lactosa
1	++	+	-	++	-
2	++	+	-	++	-
3	+	+	+	++	-
31	+	+	+	++	-
38	+	-/+	-	+	-
9	+++	-/+	-	++	-
13	+++	-/+	+	+++	-
34	++	+	+	+++	-
18	++	+		++	-
19	+++	++	++	+++	-
10	+++	+	+	++	-
11	+++	+	+	++	-
33	+++	+	+	++	-
23	+++	++		+++	-
47	++	+		++	-
69	+	+	+	-/+	-
69.1	+	+		+	-
24	+++	++	+	+++	-
15	++	+	+	++	-
16	++	+		++	-
55	+++	++	++	++	-
25	++	+	+	++	-
22	++	+	+/-	++	-
28	-/+	-/+	+	-/+	-
45	+++	+	+	+++	-
51	++	-/+	+	++	-
50.3	+++	+	+	+++	-
53	+++	+	++	++	-
56	+++	++	++	+++	-
57	++	+	+	+++	-
63	++	+	+	++	-
65	+++	++	+	+++	-
42	+++	+	+	+++	-
64.1	+++	+	+	+++	-
64.4	++	-/+	+/-	++	-
64.5	+++	++	+	+++	-
64.6	+++	+	-	++	-
82.1	+++	+	+	+++	-
81.1	+++	+	+	+++	-
81.2	+++	+	+	++	-
83.1	++	+	+	++	-
84.1	++	+	+	++	-
85.1	+++	-/+	+	++	-
86.1	++	-/+	+	++	-
86.2	+++	++	+	+++	-
88.1	+++	++	+	+++	-
91.2	+++	++	++	+++	-
91.3	+++	++		+++	-
91.4	+++	+++	-	++	-
95.1	+/-	+/-	+/-	-/+	-
95.2	+++	++	++	++	-
95.3	++	-/+	+	-/+	-
96.1	-/+	-/+	-	-/+	-
96.2	-/+	-/+	+	-/+	-
96.3	-/+	-/+	+	-/+	-
96.4	-/+	-/+	+	-/+	-

Figura 80. Crecimiento de *D. hansenii* en diferentes sustratos; para galactosa se representa la capacidad de producción de gas. Crecimiento no detectado se representa por el símbolo “-”, crecimiento débil “+/-”, crecimiento “+” y crecimiento muy abundante “++”



Todos estos resultados se muestran gráficamente en la Figura 80. Por último, hemos representado en la tabla 27 las combinaciones lactosa/lactato en todas sus versiones (+/+; +/-; -/+; -/-). La combinación más abundante la constituye el grupo de las cepas capaces de usar lactosa y lactato, que suponen un 66 % del total, seguida de las cepas positivas que pueden emplear lactosa pero no lactato con un 20 %. Las cepas que pueden utilizar el lactato pero no la lactosa suponen un 8 % del total y, por último, el grupo más pequeño con apenas un 6 % de cepas lo constituye el grupo de las cepas que no pueden usar ni lactosa ni lactato, resultados que se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. Capacidad combinada de crecimiento de *D. hansenii* sobre lactosa y lactato

		Lactosa	
		+	-
Lactato	+	66%	8%
	-	20%	6%

II.3.4.1. Elaboración del índice de peligrosidad basado en la capacidad del consumo de fuentes de carbono: glucosa, galactosa, lactosa y ácido láctico

Como se puede concluir del análisis de los problemas de deterioro que pueden causar las levaduras en los quesos que hemos incluido en la introducción de este trabajo, el primer factor de riesgo que hay que considerar es la capacidad de las diferentes cepas para crecer rápida y abundantemente en el queso. El análisis de las capacidades metabólicas relacionadas con el uso de los sustratos fuente de carbono y energía más abundantes en el queso, lactosa, lactato y galactosa, ordenados de mayor a menor abundancia, nos ha permitido elaborar un código para cuantificar la capacidad potencial de cada una de las cepas para crecer en el queso. Hemos establecido una puntuación con base en la calificación establecida en la tabla 26. Así, a un crecimiento abundante (++ o +++) se le otorga el código 3, buen crecimiento (+) un 2, crecimiento escaso o dudoso (+/- o -/+) un 1 y ausencia de crecimiento detectable (-) un 0. Este código numérico se aplica a todas las fuentes de carbono analizadas y el número final que corresponde a cada cepa está formado por los cuatro dígitos correspondientes a las cuatro fuentes de carbono. Además se añade un código para la capacidad de fermentar lactosa con generación de gas.

Además, estos dígitos están ordenados según la repercusión o el grado de relevancia que la capacidad metabólica que miden, tiene sobre el potencial de crecimiento de la cepa. Hemos considerado que el factor más importante es la capacidad metabólica general, que puede ser estimada por la rapidez y abundancia del crecimiento en el sustrato universal, la glucosa. Por ello el dígito correspondiente a la glucosa figura en primer lugar. En segundo lugar va el lactato que, como hemos dicho, procede de la fermentación de la lactosa que las bacterias del ácido láctico realizan al principio de la elaboración del queso. En tercer lugar el correspondiente a la lactosa por ser la fuente de carbono más abundante en el queso. En último lugar la galactosa, porque es un sustrato que se encuentra en concentraciones muy bajas en el queso, ya que procede de la hidrólisis de la lactosa catalizada por una beta-galactosidasa extracelular que poseen algunas bacterias lácticas relativamente poco abundantes. Como se ha indicado

anteriormente, en el análisis no se ha detectado formación de gas a partir del crecimiento en lactosa en ninguna de las cepas en las condiciones de ensayo. En todo caso se entiende como conveniente mantener este abordaje en futuras investigaciones midiendo la capacidad fermentativa en condiciones más parecidas a las que se dan en el queso, desde que sale de la salmuera hasta que entra en la fase de maduración y afinado.

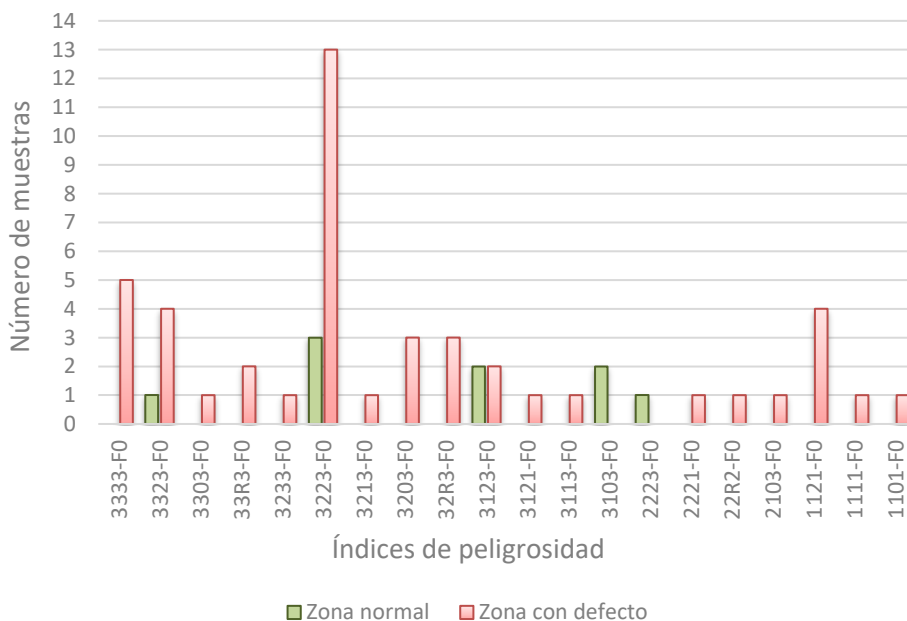
Tabla 28. Índice de peligrosidad de las cepas de *D. hansenii* aisladas en queso

Código cepa	Código de índice de peligrosidad	Código cepa	Código de índice de peligrosidad
19	3333-F0	81.2	3223-F0
55	3333-F0	83.1	3223-F0
56	3333-F0	84.1	3223-F0
91.2	3333-F0	22	3213-F0
95.2	3333-F0	1	3203-F0
24	3323-F0	2	3203-F0
65	3323-F0	64.6	3203-F0
64.5	3323-F0	16	32x3-F2
86.2	3323-F0	47	32x3-F1
88.1	3323-F0	18	32x3-F0
91.4	3303-F0	13	3123-F0
23	33x3-F0	51	3123-F0
91.3	33x3-F0	85.1	3123-F0
53	3233-F0	86.1	3123-F0
34	3223-F0	95.3	3121-F0
10	3223-F0	64.4	3113-F0
11	3223-F0	38	3103-F0
33	3223-F0	9	3103-F0
15	3223-F0	3	2223-F0
25	3223-F0	69	2221-F0
45	3223-F0	69.1	22x2-F0
50.3	3223-F0	31	2103-F0
57	3223-F0	28	1121-F0
63	3223-F0	96.2	1121-F0
42	3223-F0	96.3	1121-F0
64.1	3223-F0	96.4	1121-F0
82.1	3223-F0	95.1	1111-F0
81.1	3223-F0	96.1	1101-F0

Así un código 3201-F0 significa que la cepa es muy activa metabólicamente (3) crece bastante bien en lactato (2), no crece en lactosa (0), crece débilmente en galactosa y además no genera gas al fermentar lactosa (F0).

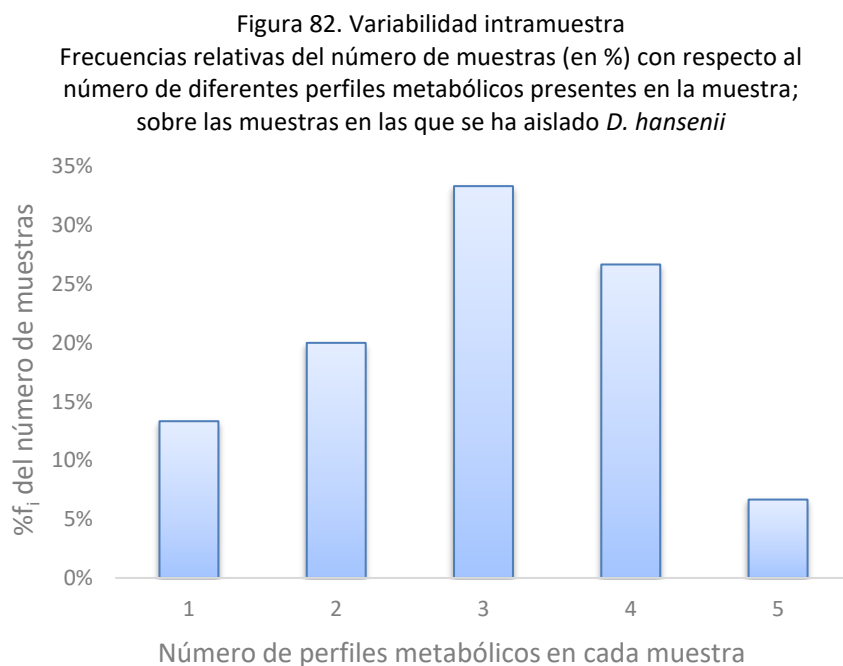
El primer aspecto que hay que destacar al analizar los resultados expuestos en la tabla 28 es la gran diversidad de perfiles metabólicos que aparecen dentro de la especie *D. hansenii* y la mayoría de ellos (82 %) mostrando un buen potencial de crecimiento en el queso. Otro punto a tener en cuenta es la presencia del mismo perfil metabólico en zonas con defecto y en zonas libres de alteración; un mismo perfil puede estar presente en el proceso estándar de elaboración sin desencadenar ningún defecto, mientras que el mismo tipo puede presentarse en zonas alteradas del producto asociado a uno o varios defectos. Un caso concreto de lo expuesto es el perfil 3223-F0 que se encuentra presente en 17 muestras y está relacionado con 4 defectos diferentes. Lo mismo se aplicaría al perfil 3333-F0 y 3323-F0 con presencia en 5 muestras y asociado a 3 y 2 defectos diferentes respectivamente.

Figura 81. Número de muestras con presencia de los diferentes índices de peligrosidad de *D. hansenii* en zonas de queso con y sin defecto.



Pero quizá resulta más interesante la diversidad que se puede observar dentro de una misma muestra de queso. Si examinamos los datos correspondientes a las diferentes muestras por separado podemos observar que, aunque algunos de los aislamientos pertenecen al mismo tipo de perfil, se encuentran tres, cuatro y en algunos casos hasta más perfiles diferentes

dentro de la misma muestra de queso. De las 17 muestras con presencia de la especie *D. hansenii* un 41 % presentan un único tipo de perfil mientras que el 59 % restante presenta 2 o más perfiles metabólicos diferentes. Los casos más destacados son la muestra nº 21 en la que se han aislado 5 tipos diferentes de perfil metabólico y las muestras nº 11, 9, 7 y 3 en las que han conseguido aislar 4 tipos diferentes de perfil metabólico.



Como ya hemos avanzado *Debaryomyces hansenii* es una especie de levadura habitual en quesos de muy diversos tipos en todo el mundo. En este trabajo hemos confirmado una vez más este resultado y esta especie aparece en todos los quesos ensayados con independencia del tipo de leche utilizada en su elaboración y del grado de maduración. El papel que desempeñan estas levaduras en la elaboración del queso está todavía poco definido, como hemos mostrado en la introducción. Por un lado podría tener un efecto positivo por la riqueza enzimática que posee esta especie, con actividades proteolíticas y lipolíticas que podrían catalizar la producción de aromas. Por otro, un crecimiento excesivo podría conducir a la producción de manchas o metabolitos indeseables. Qué factor o factores podrían conducir a un crecimiento excesivo es desconocido, pero está claro que el control del deterioro potencial que podría producir esta especie no se puede hacer eliminándola del producto porque también se eliminarían sus potenciales efectos positivos. Nos podemos preguntar si el deterioro ocurre cuando una cepa alterante contamina el queso o si son las cepas habituales,

que forman parte de la microbiota normal, se descontrolan y producen la alteración. Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que existe una gran diversidad en cuanto a las propiedades metabólicas de las cepas de esta especie presentes en el queso.

En primer lugar la gran mayoría, casi un 86 %, de las cepas aisladas son capaces de crecer en lactosa, un carácter que es variable en la especie. No hemos encontrado datos de la prevalencia general de este carácter en la especie pero probablemente no será tan elevado. Lo mismo ocurre con el crecimiento en lactato. Es un resultado muy coherente porque la mayoría de las cepas están bien adaptadas para crecer en al menos uno de los dos sustratos fuentes de carbono mayoritarios en el queso, sobre todo en lactosa. Sin embargo un porcentaje relativamente significativo (6 %) es incapaz de crecer ni en lactato ni en lactosa. Algunas de esas cepas podrían crecer en galactosa pero ese sustrato es poco abundante. Es posible que en esos casos el crecimiento se haga a partir de los lípidos y proteínas que esta especie puede hidrolizar (Fleet, 1990), los mismos sustratos que le han permitido crecer en el medio de asilamiento PDA cuya fuente mayoritaria de carbono es la glucosa, que estas cepas no pueden utilizar, por lo menos en las condiciones estándar de ensayo.

El código que hemos desarrollado a partir de las propiedades metabólicas nos ha permitido establecer una clasificación de 56 cepas aisladas que muestra una gran diversidad. Y es significativo insistir que esa diversidad no se muestra solo en el conjunto de los quesos analizados sino dentro de un mismo queso. Cuando se comparan los perfiles metabólicos de todos los aislados nos encontramos que algunos tienen el mismo perfil, es decir, se trata de aislamientos que pertenecerían a la misma cepa, pero que coexisten con otros a veces muy diferentes. Comprobar que estos perfiles, que se han medido en medios de cultivo, en condiciones óptimas de pH, temperatura y humedad, permiten predecir el comportamiento en leche y queso, es decir validar en el alimento la utilidad del código que hemos desarrollado en este trabajo, es el trabajo que habría que realizar a continuación.

II.3.5. Resistencia a desinfectantes

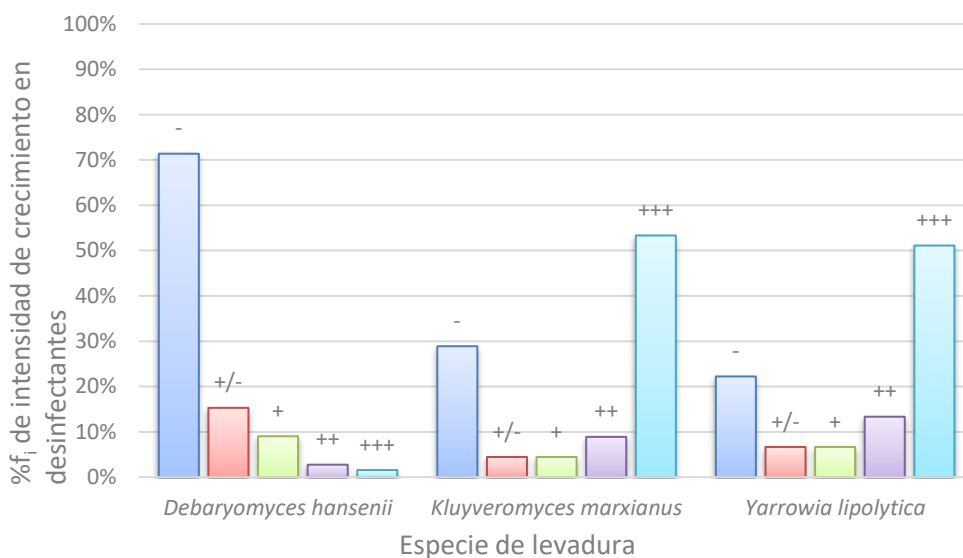
En la industria alimentaria, los planes de limpieza y desinfección se engloban dentro del programa de prerrequisitos. El objetivo de los planes de limpieza es eliminar la suciedad orgánica, como restos de grasa, proteína y lactosa, así como evitar los depósitos minerales. La desinfección por otro lado tiene como finalidad la eliminación o reducción del nivel de

microorganismos en las instalación y equipos de elaboración. La desinfección sistemática en las queserías no es una práctica recomendable, especialmente en las que se trabaja con leche cruda. Una desinfección completa puede desequilibrar el equilibrio ecológico de la microbiota natural de cada instalación.

Los productos empleados han presentado diferente acción desinfectante en función de la especie, siendo *D. hansenii* la especie que más inhibición al crecimiento ha presentado, como se muestra en la Figura 83.

Figura 83. Crecimiento general de las levaduras estudiadas en los desinfectantes analizados.

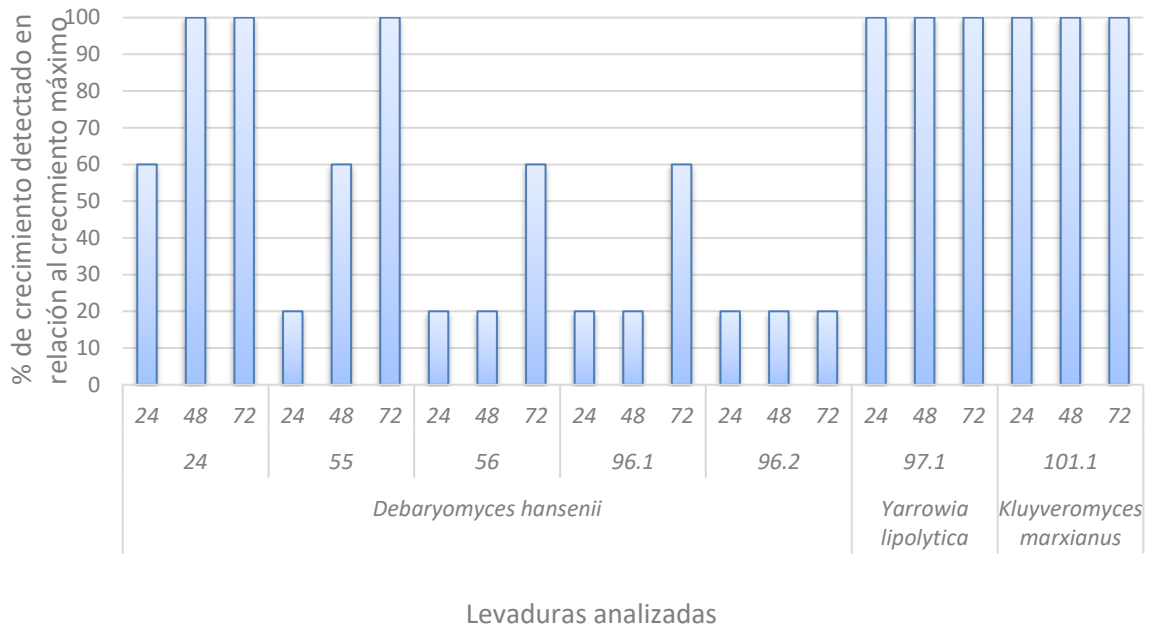
Crecimiento no detectado se representa por el símbolo “-”, crecimiento dudoso “+/-”, crecimiento “+”, crecimiento abundante “++” y crecimiento muy abundante “+++”



D. hansenii presenta una respuesta global gradual mientras que tanto *K. marxianus* como *Y. lipolytica* muestran una distribución en “U”; siendo su inhibición al crecimiento significativamente inferior que en el caso de *D. hansenii*.

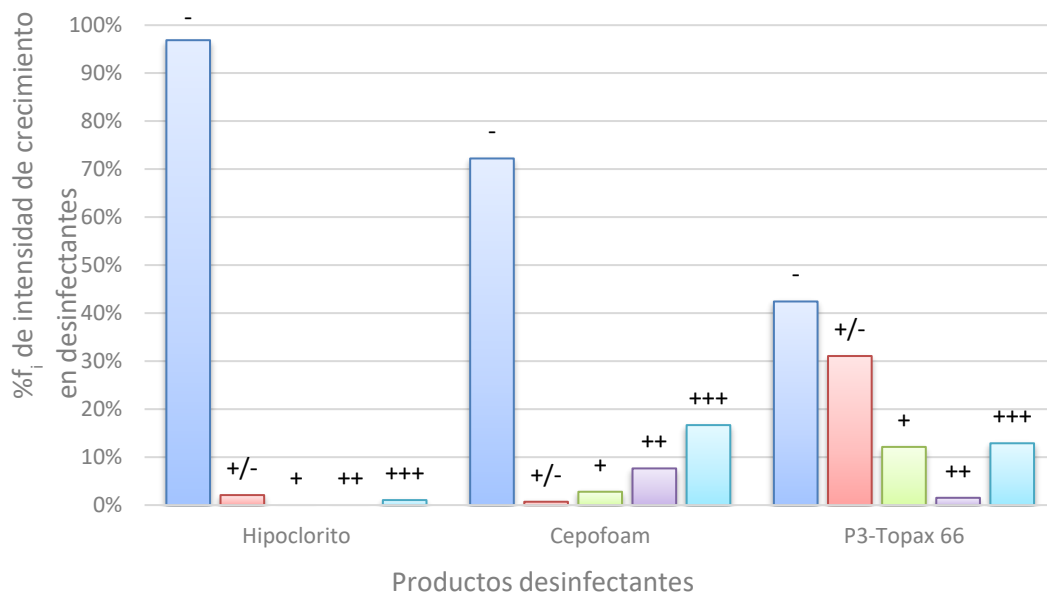
En la Figura 84 se muestra como las especies que se ven menos inhibidas alcanzan su máximo crecimiento a las 24 horas mientras que *D. hansenii* a su vez, muestra una amplia variabilidad entre las diferentes cepas en lo referente a la capacidad de crecimiento en medio de cultivo sin los productos testados.

Figura 84. Capacidad de crecimiento (en % del crecimiento máximo) de las diferentes cepas (24, 55, 56, 96.1, 96.2, 97.1 y 101.1) y su evolución a 24, 48 y 72 horas.



Con relación a los diferentes productos, se observan diferencias significativas en su efectividad general, sin tener en cuenta la variabilidad por cepas ni el tiempo de exposición. Como se presenta en la Figura 85 el hipoclorito inhibe por el crecimiento en el 97 % de los casos mientras que el potencial inhibidor de Cepofoam y P3-Topax 66 es un 72 % y un 42 % respectivamente.

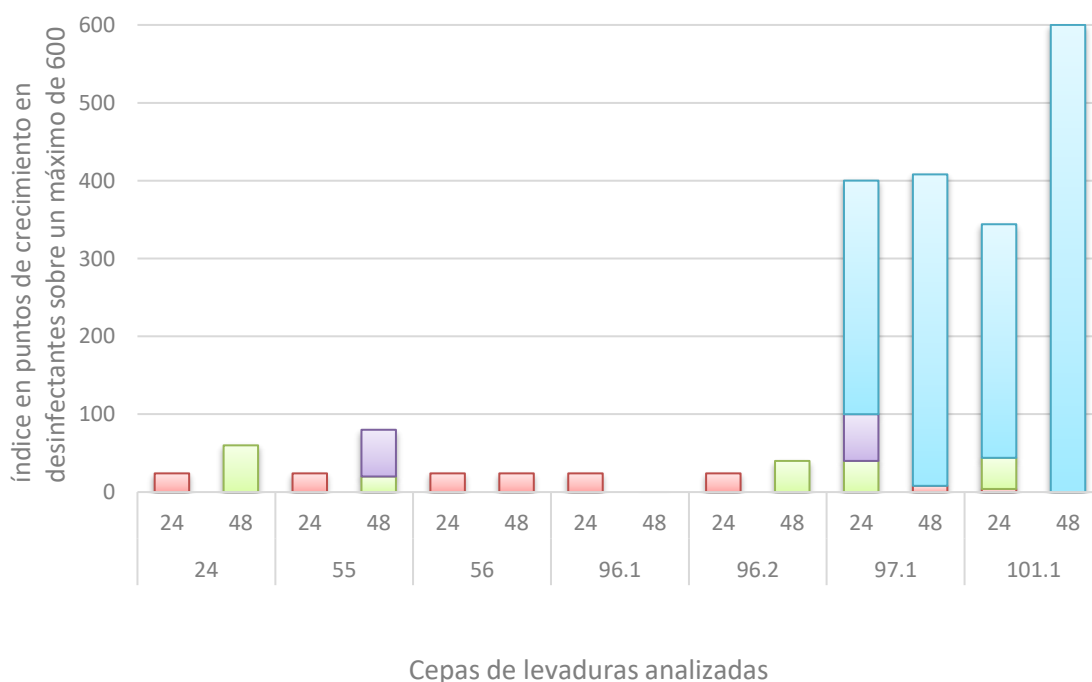
Figura 85. Distribución de la capacidad de crecimiento general de las cepas estudiadas en los diferentes productos.



Como se ha comentado anteriormente, los tratamientos desinfectantes completos son recomendados ante situaciones de contaminación o problemas puntuales: para este caso el hipoclorito se presenta altamente efectivo siendo los otros productos los aptos para el uso diario, ya que presentan un adecuado nivel de inhibición permitiendo un desarrollo posterior de la microbiota propia de las instalaciones. Por otro lado, el hecho de que las especies con más potencial de deterioro, sean también las más resistentes refuerza la necesidad de conocer las especies propias de cada instalación para caracterizarlas y establecer el adecuado equilibrio del uso de productos, su rotación y frecuencia.

El análisis de los tiempos de los ensayos durante 24 y 48 horas de incubación muestra que ninguna de las cepas es capaz de mostrar crecimiento en hipoclorito. Con respecto a Cepofoam, *K. marxianus* como *Y. lipolytica* presentan crecimiento a las 24 horas al 45 % de su capacidad máxima y a las 48 horas presentan crecimiento muy abundante en todas las muestras. *D. hansenii* no presentar crecimiento tras tratamiento con Cepofoam ni a las 24 ni a las 48 horas, mostrando únicamente la cepa 55 un tubo dudoso a las 48 h. En la Figura 86 se presentan los resultados con P3-Topax66; es el único producto que permite el crecimiento de todas las cepas tras las 24 horas de incubación.

Figura 86. Capacidad de crecimiento de las diferentes cepas (24, 55, 56, 96.1, 96.2, 97.1 y 101.1) tras el tratamiento con P3-Topax66 a las 24 y 48 horas



En los tres productos analizados el aumento del tiempo de contacto ha disminuido la capacidad de crecimiento como se preveía. Sin embargo la disminución no es proporcional al aumento de tiempo (de 1 a 15 minutos), es decir, que los tratamientos de 1 minutos tienen una eficacia similar a los de 15 minutos.

A la vista de todos los datos se puede establecer que los tratamientos de 1 minuto son suficientes para realizar el control requerido. Igualmente se debe buscar el balance entre la desinfección completa o el control de la microbiota con la combinación de productos. Dado que las levaduras con más potencial de deterioro son las más resistentes a la acción de los desinfectantes se deberá incluir el control periódico de las mismas en la verificación de la eficacia de los planes de limpieza y desinfección.

II.3.6. Producción de pigmentos

Como hemos revisado en la introducción de este capítulo, la pigmentación en quesos puede estar producida por mohos o por levaduras. Como los mohos son aerobios estrictos, su crecimiento solo se da en la superficie de los quesos o a 1 o 2 centímetros de la superficie, en zonas en las que la mayoría de las veces se puede identificar el canal que permite el paso del aire. Los canales suelen producirse por un cerramiento incorrecto de la corteza. Las levaduras oxidofermentativas pueden crecer en el interior de la pasta cuando se ha acabado el oxígeno y alguna de ellas como *Debaryomyces hansenii* puede producir pigmentos, pero la especie que ha sido identificada como responsable del pardeamiento superficial de quesos es *Yarrowia lipolytica*, que, como es aerobia estricta, solo puede crecer sobre la corteza especialmente cuando se mantiene húmeda, debido a un incorrecto proceso de secado y maduración (formación de “remelo”) como ha sido descrito por otros autores en quesos portugueses (Carreira et al. 1998).

En esta tesis no se ha encontrado pigmentación que se pueda atribuir a levaduras, pero sí a hongos. Se debe precisar que se han encontrado pigmentaciones e igualmente se han encontrado mohos en la masa pigmentada y se ha conseguido aislarlos en cultivo puro, pero no ha sido posible reproducir siempre el efecto tras la inoculación. Es decir, se ha logrado cumplir con los primeros postulados de Koch pero no se ha conseguido reproducir el efecto o al menos la inoculación de los quesos con los aislados puros no ha sido la condición necesaria

para reproducir el efecto. El problema principal no es el crecimiento superficial del moho, que ha ocurrido en todos los casos, ni la penetración dentro de la pasta, que también ocurre, aunque no se haya realizado una incisión para facilitarla, sino la variedad de pigmentos producidos que en la mayoría de los casos ni se corresponden con las manchas originales que alteraban el queso, ni con los que el moho produce en cultivo puro, si los produce, que a veces no lo hace. Esta variabilidad de pigmentación puede deberse a que un mismo moho puede producir una cierta variedad de pigmentos y que el color final resultará de la proporción en que se encuentren, que puede variar según las condiciones de cultivo y los sustratos presentes. En cualquier caso este comportamiento hace muy difícil avanzar en la identificación de las especies no presentes sino realmente responsables.

Figura 87. Queso tras maduración en el que se ha reproducido el crecimiento de moho en un punto de perforación (arriba) y la entrada del micelio al interior del mismo queso (abajo)



Sin embargo un pequeño accidente ocurrido durante la inoculación de los mohos y sus consecuencias posteriores, puede ser relevante para analizar el origen de pigmentaciones en

zonas alejadas de la corteza en más de 3 cm. Uno de los quesos presentaba de forma previa y espontáneamente una incisión en la corteza que fue marcada para su reconocimiento posterior. En ese queso y a partir de esa incisión aparecieron pigmentaciones antes que en cualquier otro de los quesos, y más profundas. Es posible que si la contaminación por un moho se da al inicio de la maduración, cuando la pasta todavía está bastante húmeda y pueden haber canales, el moho pueda penetrar más profundamente en la masa del queso. En las contaminaciones posteriores en la cámara de maduración el moho solo puede penetrar y crecer 1 o 2 centímetros hacia el interior. Si confirmáramos esta hipótesis, la distancia recorrida por el micelio en su penetración en el queso sería un buen indicador de la fase del proceso en que se produjo la contaminación, antes o después de su entrada en cámaras. La Figura 87 ilustra esta observación.

Como se indica en II.2.5 se procedió a inocular los quesos y a estudiar si el factor de perforación en corteza podría tener incidencia en la reproducción del efecto. Los quesos estudiados han reproducido el defecto en los casos en los que se ha realizado perforación en la corteza, con independencia de la aplicación del inóculo. En la tabla 29 se presentan los valores de riesgo relativo para el factor inoculación, maduración y el factor perforación.

Tabla 29. Riesgo relativo sobre los factores inoculación, tiempo y perforación

	Índice de riesgo relativo	Límite inferior 95 %	Límite superior 95 %
Inoculación	1.17	0.71	1.94
Maduración	1.74	1.21	2.50
Perforación	2.18	1.63	2.91

Se ha conseguido reproducir el defecto en el 15% de los sectores analizados, apareciendo el defecto en todos los casos excepto 1 en los sectores con perforación. Dicha excepción puede deberse a una incisión previa en dicho sector que no fue detectada en el análisis o bien representar el balance real del riesgo de este factor. En todo caso el riesgo relativo del factor perforación es significativamente mayor que 1 lo que implica que efectivamente los defectos de cierre de corteza son un factor evidente de riesgo para la penetración del micelio en la pasta interna del queso. Además, se ha comprobado que la reproducción del defecto es uniforme en toda la superficie del queso, detectándose crecimiento de moho en toda la

distribución del sector. Respecto a la profundidad de detección del micelio, como se ha indicado, el 86 % se localiza a menos de 2 cm de la superficie y se ha podido comprobar que el micelio sigue un crecimiento del exterior hacia el interior. Es relevante de destacar que el factor inóculo no es significativo a efecto de reproducir el efecto. Esto puede deberse a un efecto de saturación, es decir, el inóculo empleado de 10^6 ufc·ml⁻¹ puede que sea muy superior al que en realidad es necesario y por lo tanto las propias esporas presentes en las cámaras de maduración, que aunque en bajo número siempre están presentes, pueden ser más que suficientes para asestarse en las superficies de los quesos y en los casos en los que hay un acceso comenzar el crecimiento. Todos estos datos hacen pensar que en origen el queso está libre de moho y éste entra desde el exterior por los defectos de cierre de las cortezas y crece hasta donde el oxígeno disuelto le permite mantener su actividad.

Figura 88. Corte del sector en láminas donde se aprecia el avance del micelio sobre la perforación realizada



CAPÍTULO III

III ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN DEL ABORDAJE INTEGRADO PARA EL CONTROL DE LOS CASOS ESTUDIADOS



III.1. Introducción

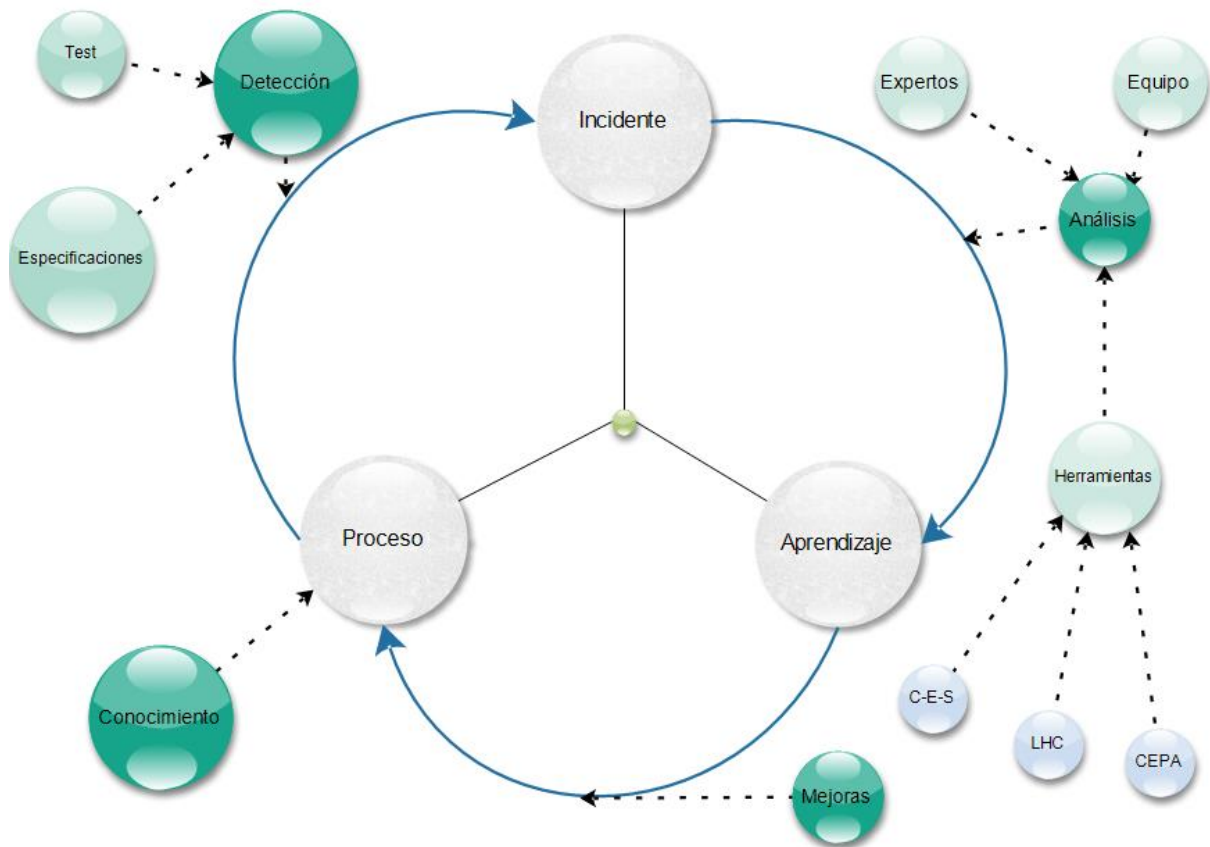
En la exposición general se presentó el punto de partida, una inquietud personal de que el queso estaba vivo, y a partir de este punto se ha iniciado un abordaje de estudio para entender cómo este aspecto puede influir en los problemas con origen microbiológico. Se ha descrito en el Capítulo I la importancia del sector lácteo, desde el punto de vista industrial por la magnitud económica; desde la perspectiva social por la implicación en la sostenibilidad, compromiso con los ganaderos y reducción del desperdicio alimentario; desde el punto de vista de la gestión por la transformación hacia un modelo profesional; y desde la vertiente tecnológica por el interés en el control de los procesos y el establecimiento de sistemas de gestión de la calidad. Todo ello dentro de un marco biotecnológico al ser el queso un alimento que se elabora a partir de microorganismos vivos que lo transforman tomando como materia prima la leche.

A partir del estudio de artículos, análisis de libros, entrevistas con expertos, recopilación de datos en una encuesta y el análisis de numerosos incidentes de calidad, se ha presentado una clasificación de esos mismos incidentes, así como de los síntomas y defectos analizados. Al tratarse de datos agregados no ha sido posible el análisis de causas particulares pero sí se ha descrito una propuesta de clasificación individual de los incidentes, así como una gestión general de los mismos.

A partir del estudio de casos concretos de deterioro, se han presentado en el Capítulo II una serie de conclusiones y patrones generales que sería posible incorporar en la gestión y que complementarían los principios y prácticas con el que se cerraba el Capítulo I.

El cambio de abordaje metodológico implica personalizar la gestión según el grado de complejidad del hecho a analizar. Esta situación requiere, en ciertas ocasiones, de una actitud constante de querer aprender, asumiendo que no todo siempre está bajo control. Desde esta perspectiva el ciclo proceso – incidente – aprendizaje y cierre del ciclo con la mejora del proceso ya visto en la Figura 62 cobra su verdadera relevancia. Este modelo tiene como etapas clave la detección de desviaciones, el análisis de las mismas y la implantación de las medidas, como se muestra en la Figura 89.

Figura 89. Ciclo de mejora en la resolución de incidentes y etapas clave



Por lo tanto, es necesario analizar en qué punto se precisa la implantación de la propuesta de gestión realizada y el análisis de las barreras que hay que superar para elaborar un plan de implantación que maximice su éxito tanto desde el punto de vista de la gestión como de la aplicación en las operaciones.

III.1.1. Barreras conocidas para la implantación de sistemas de gestión

El conocimiento de las barreras que se han presentado en las implantaciones y usos de otros sistemas puede servir como analogía para la prevención de barreras en la implantación y aplicabilidad de los principios y prácticas propuestas en este trabajo.

Se han seleccionado sistemas empleados comúnmente en la industria en general como la de alimentación en particular. El abordaje de las barreras tiene varios enfoques de clasificación sistemática: según el momento en el que aplican se clasifican en antes, durante o después de los procesos de implantación; según el concepto sobre el que se puede actuar se clasifican según las 7M (Panisello and Quantick, 2001). Un modelo transferido al estudio de las barreras

es el empleado en medicina para estudiar la falta de adhesión al seguimiento de las prácticas establecidas (Pathman *et al.*, 1996). Cabana (1999) amplió dicho modelo añadiendo nuevas barreras e incorporándolo dentro de un marco educacional. Posteriormente otros investigadores emplearon dicho modelo para el estudio de adherencia dentro del marco de la seguridad alimentaria en las empresas (Gilling *et al.*, 2001; Taylor, 2001; Ramírez Vela and Martín Fernández, 2003). Los anteriores trabajos analizan las dificultades desde el entorno europeo en general y específicamente sobre España y Gran Bretaña. En otro estudio con otra metodología y entorno geográfico como es Turquía (Baş, Yüksel and Çavuşoğlu, 2007) los resultados son similares. Estos estudios sobre barreras de implantación de la gestión basados en los principios del APPCC en industrias de alimentación resulta muy interesante para la integración de la gestión de calidad en el sistema APPCC, tal y como se ha propuesto en el apartado de prácticas. Se amplió la búsqueda a sistemas específicos de gestión de calidad como la norma ISO 9001 y EFQM²⁶ y TQM²⁷ (Horațiu, Bogdan and Gârbacea, 2014; Gómez-López, López-Fernández and Serrano-Bedia, 2015; Panda, 2015). Las clasificaciones de las categorías difieren de los específicos de alimentación, pero ha sido posible englobarlos dentro de categorías genéricas de gestión. El mismo abordaje se ha realizado con los modelos de mejora continua y LEAN (Lodgaard *et al.*, 2016; Ulewicz and Kucęba, 2016). En la Tabla 30 se presentan las barreras en el espectro de modelos analizados.

²⁶ EFQM es el acrónimo de *European Foundation for Quality Management*; promueve los modelos de excelencia y calidad en la gestión de las organizaciones. <http://www.efqm.org/>

²⁷ TQM es el acrónimo de *Total Quality Management*; es un modelo implantado en la mayoría de las organizaciones y tiene como objetivo orientar todos los procesos de la empresa en el aporte de valor al cliente.

Tabla 30. Barreras identificadas en diferentes sistemas y modelos de gestión

Categoría	Barrera	APPCC	TQM	EFQM	Mejora continua	ISO9001	LEAN
Comunicación	Falta de información	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Falta de consenso	✓					
	No involucrar a los proveedores		✓				
	Barreras entre departamentos			✓			
Formación	Falta de formación	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Difícil de entender	✓		✓	✓	✓	
Liderazgo	Falta de eficacia	✓	✓	✓	✓		✓
	Falta de motivación	✓	✓	✓	✓		
	Falta de objetivos		✓		✓	✓	✓
	Falta de liderazgo		✓	✓		✓	
	Falta orientación al cliente	✓	✓	✓			
	Falta planificación	✓			✓		
	Alta rotación de personal	✓					
	Falta de delegación		✓				
	Falta de supervisión	✓					
	Falta de líder de implantación	✓					
	Roles y funciones no definidas				✓		
	Falta de foco			✓			
	Falta de reconocimiento			✓			
	Compromiso	Resistencia al cambio	✓	✓	✓		✓
Falta de compromiso de la dirección			✓	✓	✓	✓	
Falta de compromiso			✓				
Recursos	Falta de recursos	✓	✓	✓		✓	
	Falta de tiempo	✓	✓	✓			
	Falta de medición		✓				
	Falta de método						✓

III.1.2. Gestión de expedientes individuales

III.1.2.1. Implantación de las prácticas propuestas

Al final del Capítulo I, en el párrafo I.3.4.4 Prácticas y propuesta de gestión de incidentes de origen microbiológico, se indicaron unas pautas generales a seguir para cada expediente individual que desglosaremos en este punto para identificar las necesidades en su implantación.

- ✓ Especificar para cada proceso los criterios de clasificación. La categoría *origen* es empleada dentro de las queserías dentro de la gestión basada en el APPCC. La categoría *cadena de valor* está claramente definida en los diagramas del flujo de los APPCC: todos lo que tengan por origen las etapas de las propias queserías se categorizan como generados, los que tengan origen con anterioridad son adoptados, y los que su origen sea posterior son atribuidos. La clasificación por *detección* está bien delimitada, siendo autodetectados los que son hallados dentro de un control planificado; son de detección externa los que se comunican por parte de un grupo de interés; y proactivos los que son identificados por personal propio fuera de un plan de inspección. Los factores desencadenantes no siempre están identificados dentro de las organizaciones como así lo corroboran los expertos con los que se ha colaborado en este trabajo. Es en este punto donde se ha identificado una necesidad de actuación.
- ✓ Establecer las categorías dentro del marco Cynefin es una novedad en la gestión de problemas en alimentación por lo que este punto está pendiente de desarrollar por completo.
- ✓ Determinar la prioridad mediante la matriz “afecta a rendimiento – detectabilidad” es un concepto que se maneja de manera intuitiva (¿abductiva? podríamos pensar) pero que no se encuentra sistematizada dentro de la gestión de las queserías. Sería por tanto un punto a desplegar que entendemos no tendría gran dificultad.
- ✓ Aplicar las herramientas según el contexto y la prioridad: este sin duda es un punto clave porque es la base del análisis de los incidentes que tendrá como resultado la incorporación de nuevos conocimientos que permitirán el aprendizaje. Las

herramientas clásicas de calidad son conocidas en mayor o menor medida por las personas relacionadas con la calidad. Sobre las nuevas herramientas propuestas existen dos posibles debilidades para su implantación: el desconocimiento de las mismas (si bien están basadas en otras sí conocidas) y que está aún pendiente la comprobación de su eficacia en los diferentes tipos de organizaciones.

- ✓ Sobre el empleo de modelos predictivos: son conocidos y empleados para usos como estudios de vida útil y para casos más complejos las empresas recurren a servicios subcontratados. Este punto es reamente relevante para el control de los procesos y su automatización. La dificultad que se ha identificado está relacionada con la complejidad de los conceptos y la dificultad del diseño experimental y la modelización, que necesita de personal altamente cualificado y especializado.
- ✓ Índices de distancia origen – detección: son de gran utilidad para las estrategias de control y diseñar actuaciones preventivas y de inspección. Se obtienen habitualmente al final del análisis del incidente y para tener datos fiables es necesario un buen despliegue de procesos en la organización y conseguir determinar las causas que originaron el efecto no deseado. La precisión del índice es proporcional al nivel de proceso que se sea capaz de llegar (macroproceso, proceso, actividad, tarea, etcétera).
- ✓ Incorporar dentro de la gestión basada en el APPCC la gestión de parámetros que afectan a la calidad: es una práctica sencilla de llevar a cabo si bien será necesario dotar de autonomía a los equipos APPCC y de recursos para ampliar su ámbito de actuación.
- ✓ La mejora del sistema se debe basar en actuaciones consolidadas con datos. Este es un punto muy relacionado con el cambio de visión y como tal es un cambio profundo y que puede presentar dificultad. En todo caso lo más importante es que las mejoras identificadas se analicen y se implementen dentro de los procesos. Hay que disponer de un listado de todos los procesos con la categorización del dominio Cynefin al que pertenecen y hacer el seguimiento de la evolución de los mismos hacia dominios de mayor control será una medida del éxito y mejora de todo el sistema.

III.1.2.2. Aplicación de las herramientas y conclusiones del estudio de levaduras

En este apartado se revisan las herramientas y actuaciones derivadas del estudio de los casos concretos de deterioro para identificar las necesidades existentes relacionadas con su correcta implantación.

- ✓ Modelo Causa – Efecto – Síntoma: es necesario adaptar los formularios de recopilación de datos para poder disponer de los mismos en los análisis globales
- ✓ LHC: la herramienta necesita de formación previa y de suficiente número de personas implicadas en la misma. En empresas de pequeño tamaño puede no existir un número mínimo para llevarla a cabo
- ✓ Diagramas CEPA: son de fácil aplicación si bien necesitan de un entrenamiento previo y una constancia en su uso y disciplina para no dirigir el resultado
- ✓ *Sondas a Marte*: la realización secuencial de pruebas sencillas con el cambio de una única variable es especialmente útil para experimentos en los que la obtención de los resultados necesita un largo periodo de espera. El principal inconveniente en su potencial elevado coste y la elevada carga de trabajo que puede conllevar el seguimiento de las pruebas y análisis de los datos.
- ✓ Monitorización de las especies de levaduras presentes en las instalaciones. Requiere de cambios en los planes de muestreo y conocimiento especializado. La caracterización de cada instalación particular puede requerir de largos periodos de muestreo previo hasta obtener un histórico estable y fiable que permita identificar qué especie está anormalmente presente, o más probablemente ha crecido hasta alcanzar concentraciones que pueden producir deterioro en cada etapa del proceso. La monitorización de especies complementa el seguimiento que habitualmente ya existe de recuentos menos específicos. Además, uno de los resultados microbiológicos más interesantes aportados en el capítulo II, la diversidad intaespecífica encontrada en especies habituales de productos lácteos, abre el problema de si el deterioro surge debido no a un aumento incontrolado de la concentración de la especie en el producto, sino a la sustitución de una cepa inocua por otra, de la misma especie, con gran potencial deteriorante, sin que la concentración de la especie varíe significativamente. Si la hipótesis de las cepas peligrosas, dentro de especies consideradas inocuas o incluso positivas, se

confirmarse, ello obligaría a realizar estudios de tipado lo que complicaría y encarecería los métodos de control.

- ✓ La variabilidad de la microbiota levaduriforme entre las fábricas permite establecer diferencias entre las mismas: sería necesario establecer criterios de intercambio de mercancía entre los diferentes centros lácteos para asegurar que no hay interferencias con las cepas provenientes de otras fábricas. También es cierto que, como principio general, la diversidad ecológica hace más resilientes a los ecosistemas. En todo caso este punto sería susceptible de estudios posteriores.
- ✓ Índice de peligrosidad: la variabilidad dentro de la especie ha permitido establecer ciertas cepas que tienen mayor capacidad de crecimiento y por tanto mayor potencialidad de causar deterioro. Un estudio completo de los principales microorganismos y cepas implicados en los episodios de deterioro permitiría tener un mayor control sobre los procesos productivos.
- ✓ Diseño higiénico: dado que las máquinas e instalaciones son el principal vector en la recontaminación por levaduras, valorar la inclusión del diseño higiénico como principio de actuación en nuevas instalaciones y reforma de las actuales.
- ✓ Control de los saladeros: se ha comprobado que es necesario el control en dos aspectos, los recuentos en general y las especies presentes en particular. El caso estudiado de hinchamiento interno asociado a la presencia de la especie *Kluyveromyces marxianus* en la salmuera y en el queso alterado es un buen ejemplo. En este problema la peligrosidad estaría asociada a la especie y no a la cepa.
- ✓ Control de nuevos ingredientes en el desarrollo de nuevos productos o modificación de los actuales: se ha constatado la variabilidad de aprovechamiento de fuentes de carbono por parte de las levaduras (podría ser similar en otros microorganismos). Esto unido al control de cepas permite estimar el riesgo de la modificación de ingredientes y especialmente los azúcares. En quesos de pasta prensada tradicionales no se identifica este punto como clave, y de hecho la “paradoja de la lactosa” continúa siendo un misterio difícil de entender, como hemos confirmado también en este trabajo y descrito en el capítulo II. Resulta sorprendente que en los quesos hinchados aparezcan levaduras con fuerte capacidad fermentativa de glucosa o galactosa pero no de la lactosa, el azúcar

predominante, y este es un tema que merece estudios posteriores. En cualquier caso, la adición de azúcares fermentables puede ser un problema en innovaciones en el diseño de nuevos quesos o en otras tecnologías queseras.

III.1.3. Gestión global de expedientes

III.1.3.1. Implantación de los principios propuestos

Los principios que se han propuesto en el Capítulo I son de aplicación para todo el proceso de gestión de incidentes y de análisis de datos. Las dificultades en su implantación se relacionan con la gestión del cambio en las organizaciones y el cambio de las mismas personas.

- ✓ La integración de la incertidumbre y el reconocimiento de no tener bajo control todos los aspectos de la gestión pueden no ser un entorno cómodo de trabajo. Puede surgir resistencia al cambio y a la propia sensación de falta de control. Posiblemente sea el aspecto más difícil de llevar a la práctica.
- ✓ Adoptar Cynefin: las organizaciones están abiertas a cambios que mejoren su gestión. No se han identificado barreras diferentes en este aspecto. Una buena comunicación y una puesta en marcha gradual se propone como la base de éxito.
- ✓ Gestionar con base al nivel de complejidad: si bien en el punto anterior hemos identificado la posibilidad de implantar Cynefin como otra herramienta más, en este punto se matiza que la actuación de gestión diaria, con los lógicos apremios del trabajo rutinario, pueden impedir la reflexión que este punto conlleva.
- ✓ Aceptar que no siempre hay una causa identificable si no que es la consecuencia de una distribución estadística, conocida o no.
- ✓ Entorno seguro a fallos: este es uno de los puntos más complicados por cuanto se requiere de una aceptación de este principio antes de que el problema suceda.
- ✓ La mejor decisión sobre el mejor resultado: presenta un problema de la obtención de resultados a corto plazo y la incertidumbre de saber en el principio de la serie de decisiones si los errores que aparecen se deben al propio funcionamiento del sistema o a la falta de fiabilidad de la decisión.

III.2. Metodología

Se ha realizado un análisis de publicaciones relacionadas con las barreras que se han detectado por diversos autores en la implantación de sistemas de gestión. A continuación de este análisis se presenta el estudio de estos trabajos previos sobre barreras en la implantación de diferentes sistemas de gestión: de seguridad alimentaria (APPCC), de calidad, de mejora de procesos, etcétera.

Por otro lado, como ya se presentó en el punto I.2.1.4 Entrevistas y encuestas con expertos, se publicó una encuesta en redes sociales profesionales²⁸ para recabar información general sobre barreras en la implantación de sistemas de calidad y la implementación de soluciones, ver el anexo III.

De este modo, en este capítulo se ha analizado la aplicabilidad de lo propuesto basándonos en un modelo de identificación de barreras y necesidades así como una propuesta de solución a las mismas. Se ha abordado el análisis en la faceta de planificación y en la de operación tanto para la gestión de los incidentes individuales como para el análisis de la globalidad de los mismos, que llevará a la modificación de las estrategias de actuación; el abordaje se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31. Abordaje de identificación de barreras y necesidades

<i>Característica</i>	Gestión individual	Análisis global
Implantación	Prácticas y actuaciones	Principios
Aplicación	Herramientas	Herramientas e indicadores

Los diferentes principios, prácticas, actuaciones e indicadores propuestos en los anteriores capítulos se han distribuido dentro de cada categoría.

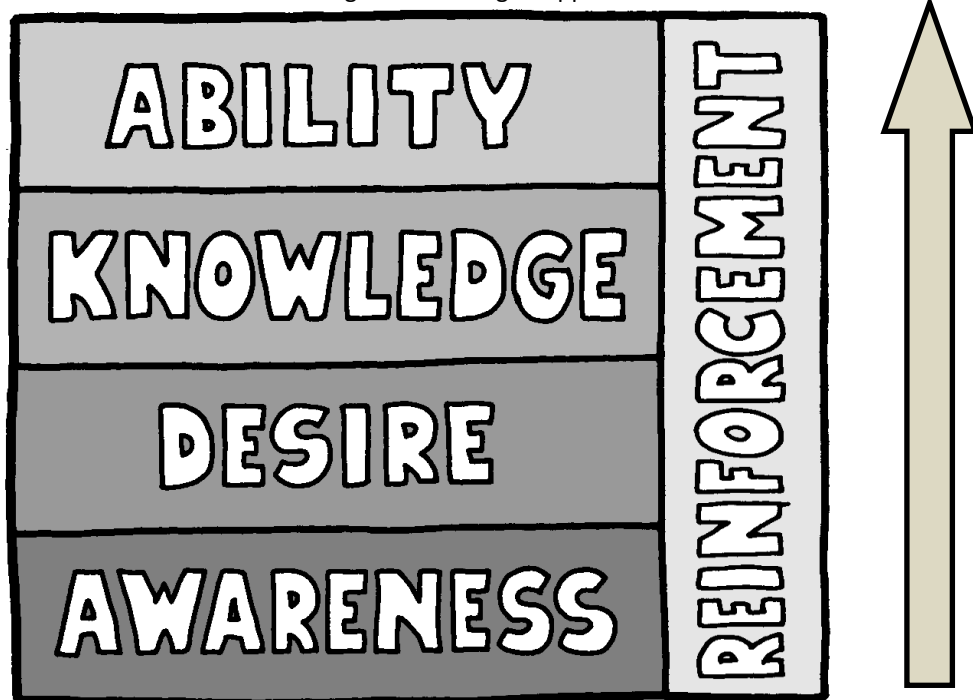
²⁸ La encuesta se creó en la plataforma [Survey Monkey](https://es.surveymonkey.com/r/6WNW8RL) y es accesible a través del siguiente enlace: <https://es.surveymonkey.com/r/6WNW8RL>. Para la difusión de la encuesta se publicó el enlace en LinkedIn: en grupos sobre gestión de calidad, gestión de sistemas de calidad; <https://www.linkedin.com>

Las barreras identificadas en nuestro abordaje se han comparado con las barreras identificadas en estos estudios anteriores. Igualmente hemos valorado las propuestas de solución de los trabajos previos para valorar su validez en nuestro caso concreto. Adicionalmente se presentan las propuestas de solución conjuntamente con las desarrolladas en este trabajo.

III.2.1.1. Modelos de cambio en las organizaciones

Para la aplicación tanto de los principios, las prácticas y las soluciones, a las posibles barreras detectadas, se ha seguido una metodología de gestión del cambio en las organizaciones: ADKAR²⁹ (Hiatt and Creasey, 2003). El abordaje de uso se ha realizado de modo particular con los contenidos relacionados con la complejidad microbiológica.

Figura 90. Modelo ADKAR
Basado en original de © Jurgen Appelo³⁰



El modelo se basa en que todo cambio se debe dar en dos dimensiones: la personal de los empleados y la de la organización en su conjunto. Consta de 5 elementos:

²⁹ ADKAR en Prosci <https://www.prosci.com/adkar>

³⁰ En <http://www.management30.com/> se propone una integración del modelo ADKAR junto con el ciclo PDCA para el inicio del cambio organizacional.

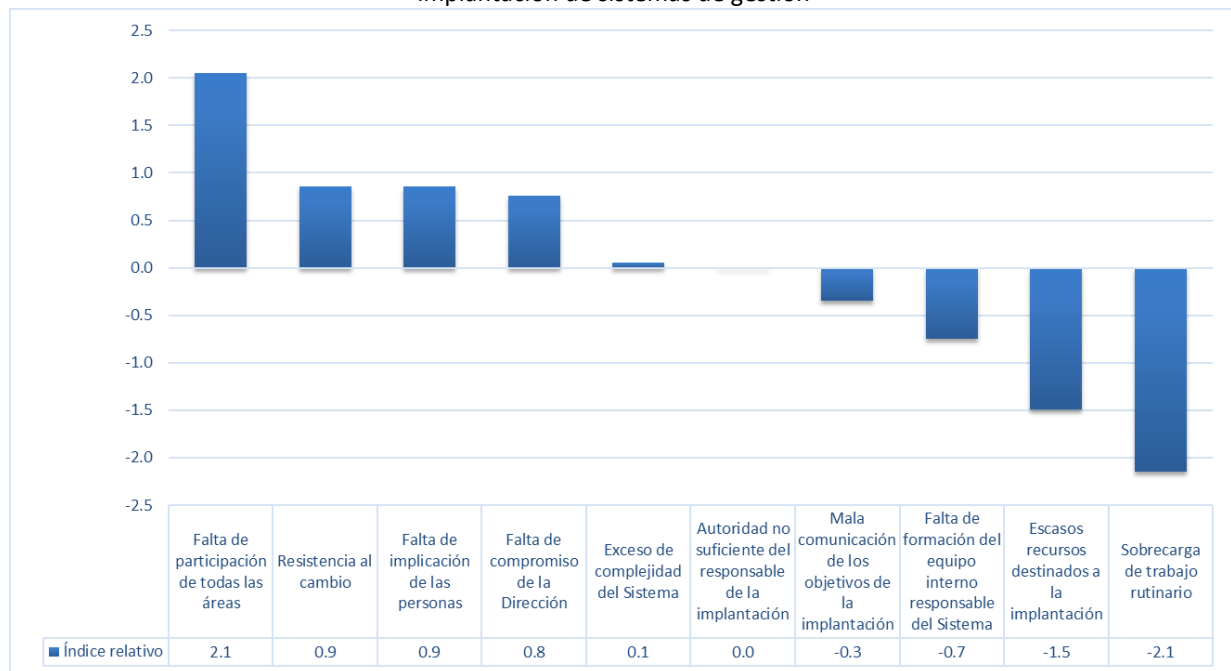
- *Awareness*: tomar conciencia de la necesidad del cambio.
- *Desire*: deseo de comprometerse y participar en el cambio.
- *Knowlegde*: conocimiento sobre cómo hacer el cambio.
- *Ability*: habilidad para poner en práctica el cambio con éxito.
- *Reinforcement*: refuerzo para mantener el cambio una vez conseguido y refuerzo para mantener los cuatro elementos anteriores.

III.3. Resultados y discusión

III.3.1. Barreras a la implementación en los principios y prácticas de gestión

Se han presentado anteriormente las barreras identificadas en la bibliografía sobre la implantación de sistemas de gestión.

Figura 91. Índice relativo de importancia de las barreras en la implantación de sistemas de gestión



A continuación, se presentan las barreras identificadas por los expertos consultados junto con las respuestas obtenidas de la encuesta realizada. En el recopilador de la encuesta se han obtenido 47 respuestas válidas. Los participantes han ordenado de mayor a menor importancia las barreras propuestas siendo la más importante con amplia diferencia sobre las demás la “Falta de participación de todas las áreas” (Figura 91).

Las barreras y dificultades detectadas para la implementación de los principios y prácticas, propuestos en el final de capítulo II, se presentan en la Tabla 32. No es una lista exhaustiva de todas las barreras y dificultades que es probable que aparezcan en la aplicación sino una relación con las barreras ya identificadas en la bibliografía.

Tabla 32. Barreras identificadas en la investigación

Tipo barrera	Principios y prácticas
Barreras entre departamentos	Entorno seguro a fallos
Difícil de entender	Índice de peligrosidad Integración y reconocimiento de la incertidumbre Modelos predictivos Monitorización de levaduras Uso del razonamiento abductivo
Falta de compromiso	CEPA
Falta de compromiso de la dirección	Cynefin: aplicación Cynefin: implantación Diseño higiénico Entorno seguro a fallos Integración y reconocimiento de la incertidumbre Mejor decisión sobre el mejor resultado Sondas a Marte
Falta de consenso	Cynefin: aplicación
Falta de eficacia	Cynefin: implantación Diseño higiénico Gestión de Q con APPCC Índice de peligrosidad Integración y reconocimiento de la incertidumbre LHC Monitorización de levaduras
Falta de formación	Cynefin: implantación Diseño nuevos productos Índice distancia origen-detección LHC Modelos C-E-S Nuevas herramientas
Falta de líder de implantación	Cynefin: implantación Diseño higiénico Diseño nuevos productos Integración y reconocimiento de la incertidumbre
Falta de método	Cynefin: aplicación Factores de actuación Matriz rendimiento-detectabilidad

Tabla 32, continuación

Tipo barrera	Principios y prácticas
Falta de recursos	Índice de peligrosidad Monitorización de levaduras Sondas a Marte
Falta de tiempo	Cynefin: aplicación
Resistencia al cambio	Integración y reconocimiento de la incertidumbre
Roles y funciones no definidas	Mejor decisión sobre el mejor resultado

Tabla 33. Coincidencia de barreras identificadas por expertos (Encuesta) y en esta tesis (SGI+) con respecto al total de barreras identificadas en el análisis bibliográfico: las barreras cuantitativamente más relevantes se presentan en letra cursiva y de mayor tamaño)

Categoría	Barrera	Encuesta	SGI+
Comunicación	<i>Falta de información</i>	✓	
	Falta de consenso		✓
	No involucrar a los proveedores		
	Barreras entre departamentos	✓	✓
Formación	<i>Falta de formación</i>		✓
	<i>Difícil de entender</i>	✓	✓
Liderazgo	<i>Falta de eficacia</i>		✓
	<i>Falta de motivación</i>		
	<i>Falta de objetivos</i>		
	<i>Falta de liderazgo</i>	✓	
	<i>Falta orientación al cliente</i>		
	Falta planificación		
	Alta rotación de personal		
	Falta de delegación		
	Falta de supervisión		
	Falta de líder de implantación	✓	✓
Roles y funciones no definidas		✓	
Compromiso	Falta de foco		
	Falta de reconocimiento		
	<i>Resistencia al cambio</i>	✓	✓
	<i>Falta de compromiso de la dirección</i>	✓	✓
Recursos	Falta de compromiso	✓	✓
	<i>Falta de recursos</i>		✓
	<i>Falta de tiempo</i>		✓
	Falta de medición		
	Falta de método		✓

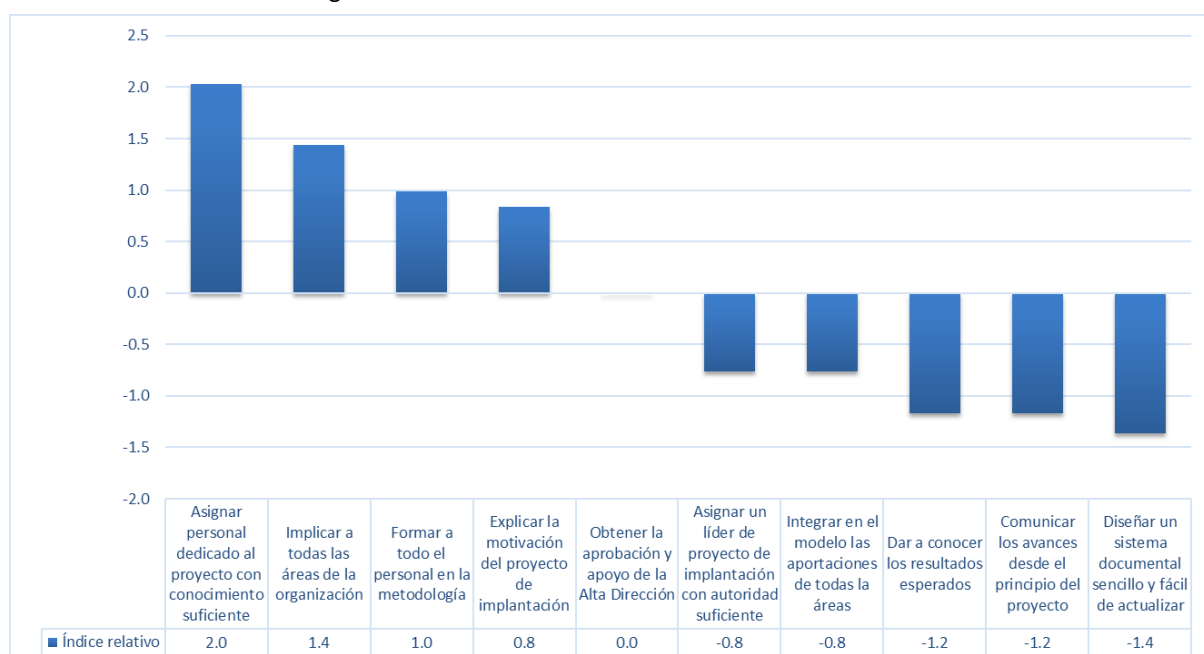
Los responsables de empresas de alimentación en España identifican como barreras principales la comunicación y el compromiso, además de la dificultad de comprender los sistemas y la necesidad de un liderazgo claro. En nuestro análisis hemos identificado como claves la falta de compromiso por la dirección y la falta de eficacia demostrada de las nuevas herramientas. La falta de conocimiento y complejidad de algunos conceptos pueden frenar su aplicabilidad.

III.3.2. Soluciones propuestas para los sistemas de gestión

La bibliografía no presenta soluciones a las barreras sobre los casos de estudios al ser éstos generales. A partir del análisis que se ha realizado se presentan una serie de soluciones a cada barrera y se analizarán especialmente las relacionadas con las categorías comunicación y formación.

Los resultados de la encuesta a expertos sobre soluciones a barreras en la implantación de sistemas de gestión se muestran en la Figura 92. En la encuesta se ha identificado como estrategia clave de actuación la aplicación de soluciones de comunicación, en particular “Asignar personal dedicado al proyecto con conocimiento suficiente” e “Implicar a todas las áreas de la organización”. De cerca se propone “Formar a todo el personal en la metodología”. Es decir, dotar de recursos (un jefe de proyecto), tener en cuenta todas las perspectivas y dar formación (tanto al líder del proyecto como a los participantes).

Figura 92. Índice relativo de las soluciones a las barreras



Es destacable que las barreras de falta de compromiso identificadas por los expertos pueden ser solucionadas con comunicación y formación. Es previsible que la implicación se consigue a través de la participación y la capacidad de opinar. Podemos pensar que la asignación de un responsable que lidere el proyecto lleva implícitamente asumido que la dirección apoya la iniciativa.

Para cada principio y práctica se propone un plan de acción basado en el modelo ADKAR. Se hace la propuesta para los elementos 1, 3 y 4 (A_KA_) dado que son los que estarán bajo una gestión directa del líder de proyecto. El objetivo del elemento 1 es conseguir la atención de los interesados y visualizar la utilidad de lo propuesto para conectar a nuestro interlocutor; es la parte más importante porque es la enlaza con el elemento 2: la parte emocional en la que las personas tenemos interés por conocer. El elemento 3 tiene como finalidad dotar del conocimiento para saber qué y cómo hay que hacer; muestra el camino y facilita las herramientas para poder recorrerlo. El objetivo del elemento 4 es dotar a todos los integrantes de la destreza necesaria para ser autónomos en el desempeño y lograr éxito.

Los elementos 2 y 5 (_D__R) no se presentan en la propuesta: el elemento 2 está totalmente relacionado con la parte personal de cada individuo y seguramente la complejidad del abordaje esté fuera del alcance de esta investigación; y el 5 es transversal con los recursos a nivel general de toda la organización y además está incluido el potencial cambio de valores que debe dar el refuerzo a todo el sistema.

En la Tabla 34 y su continuación se presenta una tabla con la propuesta comentada anteriormente. El elemento 5 se define como el mantenimiento de la capacidad de desarrollar el cambio. Se aplica a cada punto de la propuesta y además de forma transversal a los principios de la organización por lo que su análisis pueda ser un tema de análisis a futuro.

Tabla 34. Propuesta de implantación de principios y prácticas basado en el modelo ADKAR

Punto	A.dkar	a.D.kar	ad.K.ar	adk.A.r	adka.R
Diagramas CEPA	Hacer uso de la herramienta en cada reunión, demostrar su utilidad. Introducirla con problemas sencillos y comunicar los éxitos.		Ofrecer formación tras el primer éxito a todo el equipo; dar nociones avanzadas a los que se interesen. Editar un manual del método.	Proponer a otros que lideren la próxima reunión. Apoyar su actuación. Reconocer el éxito compartido.	
Cynefin	Aplicar un ejemplo del modelo en una situación real simple (análisis pasa/no pasas) y contrastarla con otra caótica (simulacro de crisis): visualizar las diferencias		Mostrar su uso, tabla de clasificación, movimientos de un dominio a otro		
Mejor decisión sobre el mejor resultado	Evidencia con casos prácticos basando en estadística: seguro médico, elección de restaurante, ...		Dotar de conocimientos estadísticos y capacidad de identificar los factores que intervienen en las decisiones.	Delegar, permitir la decisión y solicitar los argumentos en los que se ha basado. Seguimiento del ratio de éxitos.	
Diseño higiénico	Presentación real de lo que es fácil y lo que es difícil de limpiar. Reducción de tiempos, de consumos y de inspección; prevención de contaminaciones. Fácil montaje y mantenimiento.		Formación especializada. Identificación <i>in-situ</i> de tipos de elementos.	Iniciar un proyecto piloto de una instalación higiénica.	
Entorno seguro a fallos	Las personas damos lo mejor cuando sentimos seguridad.		Aplicable en dominio complejo. Necesidad de conocer información de todas las perspectivas. Implica delegación.	Dotar de habilidades a mandos y personal implicado.	
Factores de actuación	Facilita la gestión posterior al tratar la generalidad en el dominio simple.		Análisis completo de cada etapa del proceso: en grupos multidisciplinares.	Reconocer cada equipo los factores que afectan en su proceso y permitir la autogestión.	
Modelos predictivos	Ídem que anterior		Dotar de conocimientos a los técnicos especialistas	Potenciar el valor de las decisiones por encima de los resultados.	

Tabla 34 continuación

Punto	A.dkar	a.D.kar	ad.K.ar	adk.A.r	adka.R
Índice de peligrosidad	Permite una evaluación del riesgo y basar las decisiones en datos.		Metodología de toma de muestra y análisis por especialistas de laboratorio.	El propietario del proceso y el gestor consensuan los límites de control.	
Índice distancia origen-detección	Facilita la visualización del rendimiento del sistema de gestión. Permite establecer estrategias y planes de control.		Es fácil de automatizar y reportar periódicamente.	Delegar la gestión en el propietario del proceso con soporte del gestor.	
Matriz rendimiento-detectabilidad	Ídem que anterior		Ídem que anterior	Ídem que anterior	
Modelo C-E-S	Ídem que anterior		Ídem que anterior	Ídem que anterior	
Integración y reconocimiento de la incertidumbre	Evidenciar la dificultad de controlar sistemas al completo; ejemplos prácticos: clima, bolsa, quiniela, ...		Dotar de conocimientos estadísticos y capacidad de diferencias los dominios.	Potenciar el valor de las decisiones por encima de los resultados.	
LHC	Demostración retroactiva de un éxito de la herramienta. Poner en valor la colaboración de los equipos. Permitir a todo interesado el formar parte del equipo.		Formación práctica sobre casos reales. Usar la herramienta en paralelo en casos sin alta complejidad.	Dejar trabajar al equipo 2 con seguimiento de la metodología. Compartir los éxitos.	
Sondas a Marte	Evidenciar la agilidad en la respuesta a cliente o resolución del problema. Tener plan de uso alternativo.		Elaborar protocolo de líneas generales.	Dotar de autonomía para lanzar las <i>sondas</i> .	
Uso del razonamiento abductivo	Hacer visible que en realidad <i>ya se está utilizando</i> .		Formación sobre tipos de razonamiento a los equipos técnicos. Ejemplos reales.	Potenciar el valor de las decisiones por encima de los resultados.	

III.3.3. Aplicación de prácticas basadas en hechos microbiológicos

Uno de los objetivos con el que se planteó esta investigación fue intentar *acercar* la ciencia a la empresa. Con base en los resultados y conclusiones del Capítulo II es posible presentar una serie de actuaciones que son de aplicación directa en los procesos de elaboración de queso de todas las queserías. Se enmarcan dentro de Cynefin en apoyar la transición de un dominio a otro. A la vista del funcionamiento de las queserías los dominios de uso habitual son el

simple, el complicado y el complejo. El dominio caótico puede aparecer en situaciones de crisis y cuando el sistema está fuera de control; la vuelta al control (con mayor o menos incertidumbre) coloca al sistema en los dominios de operación habitual.

El dominio simple es el entorno ideal para la toma de decisiones. Como comentábamos, se tiene correlación y conocimiento absoluto de la relación causa efecto y de las interacciones entre efectos. El recorrido de mejora en el dominio simple es la automatización: para ello es necesario el manejo de clasificaciones discretas y estándares de reacción para cada situación. Suele ser el valor que aportan los sistemas de gestión: el modelo basado en el APPCC emplea esta metodología en la que las actuaciones ante las desviaciones están predefinidas; el mismo planteamiento se da en el establecimiento de un límite regulado por la legislación (ya sean la presencia de un patógeno, de pesticidas, sustancias prohibidas o límites de velocidad); ante cada resultado existe un modo automático de actuación. En el dominio complicado es el conocimiento el que permite la toma de decisiones y en el complejo son las pruebas y experimentos.

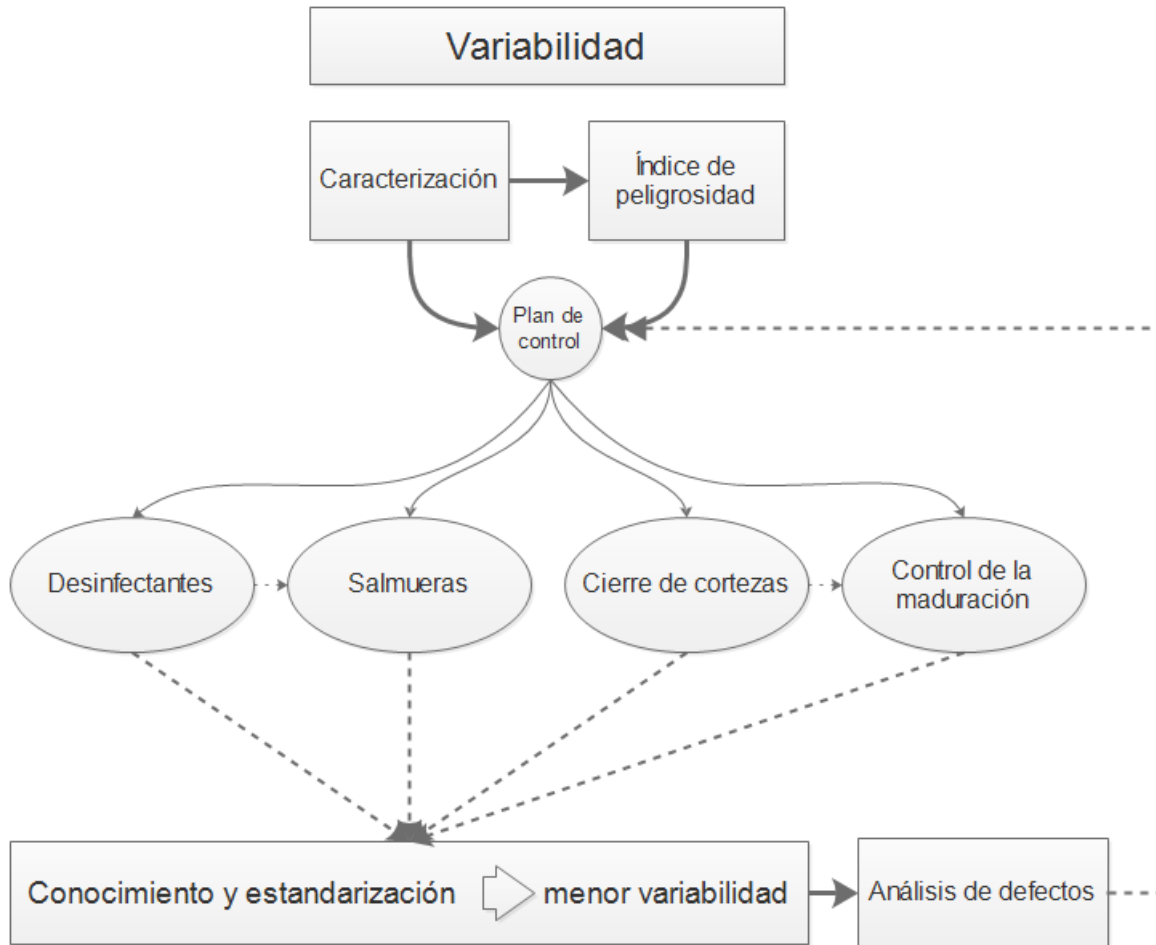
A continuación se muestran 7 actuaciones que es posible implementar para facilitar la transición del dominio complejo al complicado (con el aporte de conocimiento) y posteriormente, y siempre que sea posible, la transición al simple (con el aporte de estandarización). La base en la que se fundamenta es la variabilidad encontrada tanto en recuentos como en especies y cepas de las levaduras presentes en la cadena de valor: variabilidad de recuentos en diferentes tipos de leche, variabilidad de especies en las etapas del proceso, variabilidad intraespecífica y dentro de la misma muestra, variabilidad en los efectos.

III.3.3.1. Caracterización de la microbiota levaduriforme

La caracterización tiene por objetivo conocer la microbiota presente en la instalación y servirá de entrada para los análisis de actuación posteriores. En la toma de muestra sistemática se deberían incluir las materias primas que integran la elaboración del producto, los productos semielaborados y los productos elaborados; los elementos físicos que contienen a dichas materias primas y productos; el ambiente de las instalaciones (paredes, techos, suelos, aire); maquinaria y manipuladores. El seguimiento tanto de los recuentos como las especies presentes permitirá elaborar un mapa de presencia *habitual* de la microbiota levaduriforme.

Este mapa se actualiza en el tiempo y permite detectar variaciones que deberá establecerse si pertenecen al ciclo normal de la fábrica (estacionalidad de leche, ciclos estacionales de temperaturas y humedades, ciclos de aumento de producción, etcétera). Este mapa servirá a su vez como punto de calibración para el establecimiento de los niveles estándar de las actuaciones de control que se presentan a continuación y que se representan en la Figura 93.

Figura 93. Propuesta de actuación para la reducción de la variabilidad



III.3.3.2. Índice de peligrosidad

A partir de la caracterización de las levaduras presentes en cada etapa del proceso es posible iniciar un estudio de las que potencialmente pueden presentar más problemas. En este trabajo se ha basado el índice de peligrosidad en la capacidad metabólica general, la capacidad de utilizar diferentes fuentes de carbono y la capacidad de producción de gas. Estos parámetros son generales y pueden servir como modelo; ahora bien, también es posible seleccionar otros que puedan estar más alineados con los peligros identificados en cada

quesería en particular. Para ello cada quesería deberá conocer su histórico de problemas y seleccionar los parámetros más relevantes. En todo caso, la asociación del índice de peligrosidad a las cepas presentes permitirá establecer las estrategias de actuación en los puntos posteriores con base en el nivel de riesgo aceptado.

III.3.3.3. Control de desinfectantes

Como hemos visto, la microbiota levaduriforme es compartida en parte por las queserías que elaboran el mismo tipo de queso y además es exclusiva en otra parte de cada instalación. Los planes de limpieza y desinfección, que se enmarcan dentro de los programas de prerrequisitos de los operadores de empresas alimentarias, tienen características especiales en el caso particular de las queserías (FACE European Network, 2016). Se reconoce el papel ecológico de los microorganismos presentes y se debe vigilar que el balance entre los microorganismos y las diferentes especies se mantenga en equilibrio. En esta línea es posible poner en práctica el control de la actuación de los diferentes productos existentes sobre la microbiota de cada quesería. Este análisis permitirá conocer cómo afecta cada producto a cada especie, si el balance se mantiene, si la efectividad esperada es la obtenida y además permitirá establecer programas de rotación de productos y regulación de dosis y tiempos de contacto del producto sobre los elementos a desinfectar. Los beneficios directos son varios, desde el mantenimiento del balance de microorganismos hasta la determinación de la correcta dosis a emplear. Este último punto es vital por un lado para no incurrir en costes innecesarios y por otro para asegurar que el programa de limpieza y desinfección rinde los resultados esperados. En este análisis es necesario valorar lo difícil que es recuperar los equilibrios ecológicos. Así, la eliminación de una especie autóctona puede acarrear consecuencias imprevisibles puesto que con toda certeza el espacio y nicho ecológico que queda libre será ocupado por otro microorganismo.

III.3.3.4. Control de salmueras

Es práctica habitual de las queserías el seguimiento de las salmueras mediante análisis físico-químicos y microbiológicos. Los niveles de levaduras son uno de los indicadores de seguimiento del estado de la salmuera. Posiblemente el sistema salmuera – queso sea de los más complejos que existen en la elaboración de queso. Si bien se conocen los balances de

difusión y los flujos de intercambio, dicho conocimiento es desde un abordaje puramente físico-químico que no contempla la particularidad de los elementos de cada tipo de leche ni los diferentes tipos de microorganismos presentes. En cualquier caso, parece que hay evidencias para pensar que en la salmuera se produce la entrada de levaduras en el interior de la masa del queso. El proceso de sinéresis es muy complejo e implica inicialmente una coagulación que a su vez determina la expulsión de las moléculas del agua de las partículas coaguladas. El resultado final depende, no solo de las condiciones iniciales del proceso sino, y parece que sobre todo, de su velocidad de desarrollo. En las cuajadas mixtas, en las que la coagulación está desencadenada tanto por la acidificación debida a la producción de ácido láctico por los cultivos iniciadores como a la actividad proteolítica del cuajo, el proceso de sinéresis es especialmente complejo. Aunque los datos que se poseen son relativamente escasos y recientes (Castillo et al., 2006) ya hay datos suficientemente confirmados para asegurar que la cinética del proceso determina la microestructura y permeabilidad de la cuajada. Una aceleración del proceso por exceso de inoculación del cultivo iniciador o aumento de la temperatura determina una peor sinéresis con menor expulsión de agua y menor compactación de la cuajada. Estas propiedades son fundamentales para determinar las corrientes de difusión de líquidos que se establecerán entre la salmuera y los quesos cuando se introduzcan en los saladeros. Entre la salmuera y el líquido del interior del queso hay inicialmente un desequilibrio de concentraciones que tiende a equilibrarse a través de movimientos de difusión para llegar a un estado estacionario. La fuerza de esos movimientos depende de los gradientes iniciales que tienden a irse disipando por difusión. Son esos movimientos difusivos los que introducen la sal disuelta en la salmuera dentro del queso y lógicamente también la microbiota suspendida en ella. El resultado final, como decimos, dependerá lógicamente de las condiciones ambientales del saladero, pero también, y de forma muy importante, de la microestructura de la cuajada, de su porosidad y permeabilidad. Por tanto, la caracterización inicial de la cuajada y de la microestructura del queso moldeado antes de entrar en el saladero es importante para predecir el resultado final del proceso de salado: la cantidad de agua que pierda el queso y la sal y los microorganismos que gane.

Además, el aporte adicional que se propone es hacer seguimiento del balance de especies de levaduras presentes en la salmuera además de su recuento. De este modo será posible establecer límites de operación no sólo para recuentos generales de levaduras (como ya se realizan) sino para recuentos específicos de determinadas especies e incluso cepas. La

determinación de qué especies y qué recuentos son los limitantes deberá establecerse para cada instalación teniendo en cuenta el tipo de queso y microbiota habitual.

III.3.3.5. Control cierre de cortezas

Otro de los controles habituales en las queserías es la verificación de la etapa de prensado. Los quesos deben tomar la forma adecuada, tiene que haber terminado el desuerado mecánico y la parte exterior del queso, que formará la futura corteza tras el salado y el secado, debe quedar completamente cerrada haciendo del queso un elemento aislado del exterior. A la vista de los resultados obtenidos se ha podido correlacionar el crecimiento de micelio de queso en el interior del queso cuya procedencia es el exterior. Esto confirma la necesidad de implantar un sistema de vigilancia de cortezas que asegure el correcto cierre de las mismas y además que no existan elementos en la instalación o en la manipulación que dañen la superficie del queso. Además hemos confirmado que la carga de esporas no es el factor más importante para el desarrollo del mencionado defecto, sino la aparición de microgrietas en la corteza.

III.3.3.6. Control de maduración

La etapa de maduración y afinado de los quesos es una de las más complejas y en las que mayor valor se le aporta al producto. En esta etapa pierde humedad, la actividad agua del queso disminuye, se desarrollan los aromas secundarios y se producen los cambios de textura en la pasta. En paralelo, el equilibrio ecológico entre los diferentes tipos de microorganismos evoluciona. En el caso de las levaduras y los mohos que colonizan la corteza de los quesos, su evolución está correlacionada inversamente. Al inicio de la maduración predominan las levaduras y según pasan las semanas son los mohos los que aumentan su recuento. El conocimiento de las especies y recuentos de levaduras nos permitirá establecer unos planes de control de la maduración. Dichos datos servirán como indicador de proceso. Este análisis tiene la ventaja de no ser destructivo al tomarse la muestra sobre la superficie del queso en maduración.

III.3.3.7. Análisis de defectos

El análisis retrospectivo de los defectos detectados sobre los quesos permitirá cerrar el círculo de mejora. La correlación de la microbiota presente en los quesos afectados y el estudio de la trazabilidad de los mismos permitirá determinar si nos encontramos dentro de los límites de control que hayamos establecido.

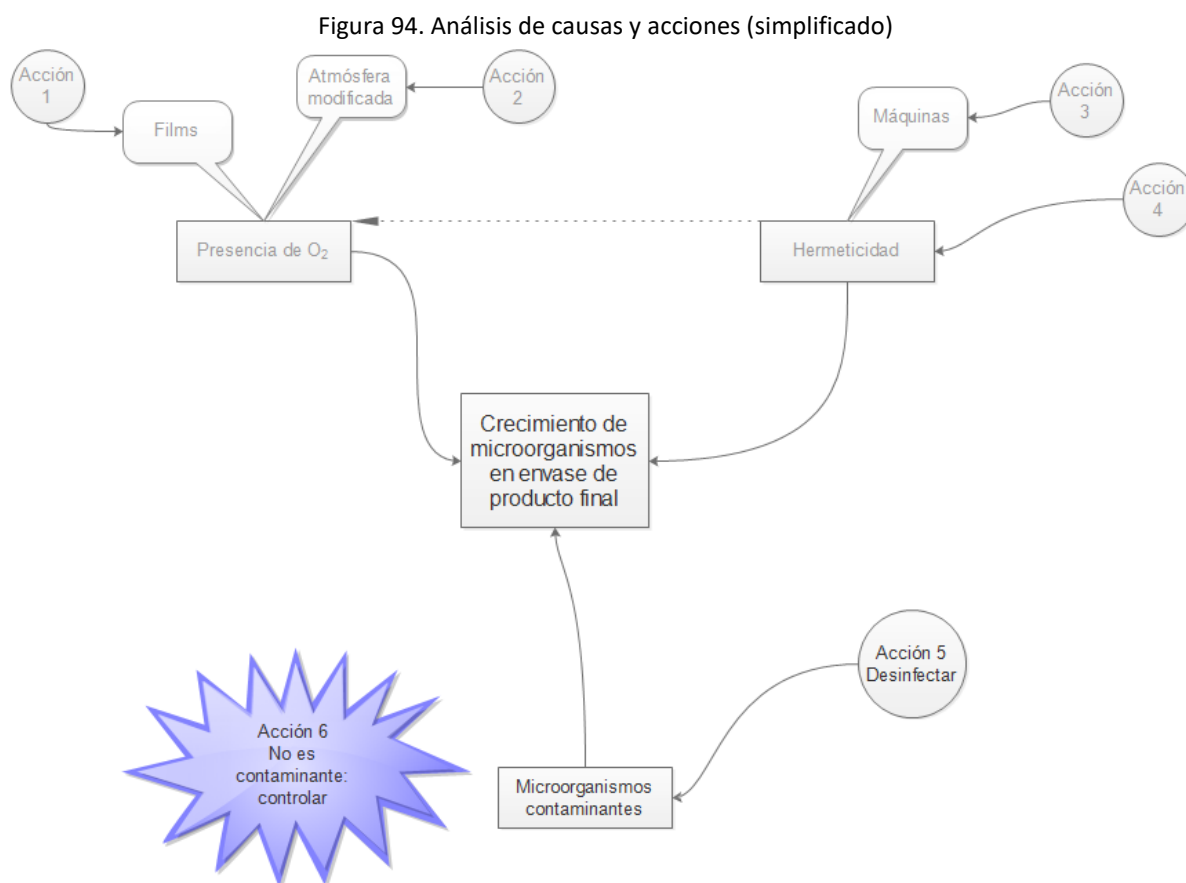
III.3.4. Ejemplos de éxitos de aplicación de principios y prácticas

En este apartado se presentan ejemplos de la aplicación de la propuesta de gestión en la investigación de casos de deterioro en alguna de las queserías colaboradoras.

III.3.4.1. El caso de *D. hansenii*

En varias queserías colaboradoras se trabajó conjuntamente para la solución de un caso que las afectaba en igual medida. Había problemas con el crecimiento de mohos en envases de producto final. Se contó con la colaboración de un técnico de cada quesería y un centro externo que hacía el análisis de las muestras para la determinación de la integridad de los envases y la determinación de los microorganismos contaminantes presentes.

Sobre este planteamiento se analizaron los datos y mediante un análisis de causas se determinaron las acciones como se muestra en la Figura 94.



Centrándonos en las acciones se observa que sobre las causas de origen biológico la estrategia de actuación resultó ser la eliminación de los microorganismos contaminantes (que eran

mohos y levaduras). La acción inmediata consistiría en una limpieza y desinfección masiva. Una de las aportaciones del grupo fue determinar exactamente las especies contaminantes para poder hacer una selección más adaptada de los productos a emplear y de esta forma dirigir la acción específicamente a los microorganismos sobre los que se quería actuar. Las identificaciones mostraron que el Pareto de mohos correspondía a *Penicillium spp.* y en el caso de las levaduras a *Debaryomyces spp.* Este resultado modifica la estrategia de actuación. Al ser *Debaryomyces spp.* y en particular *Debaryomyces hansenii* una levadura habitual en las fábricas de este tipo de queso la estrategia adoptada fue el control y no la eliminación. Igualmente se llegó a la conclusión de que *Debaryomyces spp.* no cumplía con la premisa con la que inició el grupo de trabajo “la eliminación de los microorganismos contaminantes” al no considerar a *Debaryomyces spp.* como una contaminación.

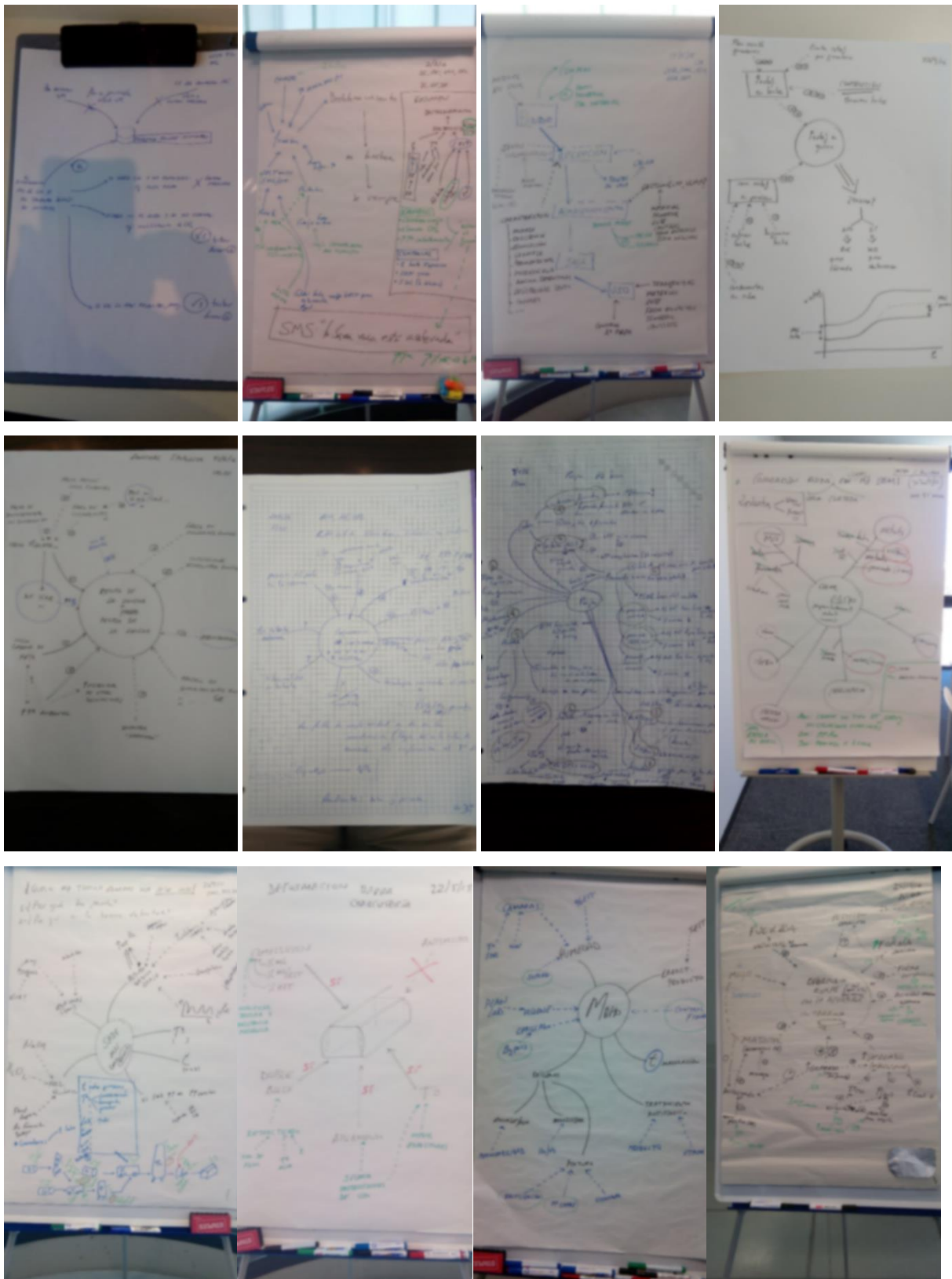
Este caso sirve como ejemplo de cómo la situación correcta desde el principio del dominio de trabajo puede condicionar el enfoque y las actuaciones. El inicio del problema se planteó desde un dominio simple: hay un problema, se hace un análisis de los datos, se reconocen las causas y se establecen acciones que atacan las causas; o para este caso concreto, hay problemas de contaminación en los envases, identifiquemos *quiénes* son y procedamos a su eliminación.

En realidad el caso se encontraba en el dominio complicado: era necesario un conocimiento detallado de varios aspectos como los mecanismos de funcionamiento de los procesos de fabricación, de la microbiología de los quesos y las interacciones entre todos los factores; igualmente se necesitaba una visión experta para la interpretación de los datos y tras una análisis y relación de todos los factores se puede tomar la mejor decisión acorde con las buenas prácticas. En este caso, en el planteamiento inicial se cayó en la sobresimplificación.

III.3.4.2. Uso de diagramas CEPA en la investigación de incidentes

Los diagramas CEPA han sido empleados durante la realización de este trabajo en numerosos casos relacionados con microorganismos y también en casos con otro origen. El empleo de los mismos ha permitido su evolución y mejora. Se presenta en la Figura 95 una serie de ejemplos desde los primeros prototipos a los más evolucionados.

Figura 95. Ejemplos de diagramas CEPA empleados en el análisis de incidentes.



Se han empleado en diferentes niveles de complejidad y han demostrado su éxito al potenciar el trabajo en equipo y la distribución de la información. Ha sido una herramienta empleada en 224

conjunto con LHC por el equipo 1 para la ordenación de datos y el establecimiento de nuevas mediciones y experimentos.

III.3.4.3. El caso de alteración de quesos por producción de gas

Otro ejemplo concreto que hemos analizado con más detalle en esta tesis es la alteración por producción de gas en el interior de unos quesos de una de las queserías. Este ejemplo muestra la eficacia de una buena comunicación entre los dos tipos de comités (equipo1 y equipo 2) que deben abordar el problema, como hemos propuesto. El caso se detalla a continuación.

Se presentan unos quesos envasados con evidente hinchamiento. Se dispone de pocas muestras dado que el incidente afecta a un número muy reducido de unidades. Se decide testar la herramienta LHC formando los dos equipos. El primero de ellos (equipo 1) formado por técnicos especialistas conocedores del producto y el proceso; y el equipo 2 formado por personal con conocimientos en otras disciplinas relacionadas.

El maestro queso ya identificó y registró un comportamiento ligeramente anormal en la formación de la cuajada, ésta era algo más blanda de lo habitual. Se recopilaron más datos y posteriormente los análisis microbiológicos demostraron la presencia de *Kluyveromyces marxianus* en la salmuera y en interior del queso alterado. En principio, para el equipo 2, del que formaban parte expertos microbiólogos, ese dato era una base, necesaria pero insuficiente, para concluir con rigor científico que el gas lo había producido esta especie; puesto que no había más datos, había que quedarse en el calificativo de sospechoso principal. La comunicación con los datos del equipo 1 sobre la alteración en la formación de la cuajada permitía especular sobre el efecto, pero sin salir del nivel especulativo (abordaje abductivo).

La comunicación establecida y el concepto de *conocimiento desconocido* que incorpora el marco Cynefin nos motivó a hacernos la pregunta ¿Hay conocimiento científicamente contrastado, pero desconocido en el área de la microbiología de la leche, que nos permita relacionar la formación de la cuajada con la creación de condiciones que estimulen el crecimiento y fermentación posterior si la cuajada se contamina con *K. marxianus* durante la elaboración posterior? Un estudio bibliográfico bastante exhaustivo tanto de los problemas que pueden surgir en la elaboración de la cuajada, como de las características fisiológicas de *K. marxianus* que afectan a su capacidad fermentativa, nos permitió dar el salto de dominio en Cynefin. En efecto, encontramos bibliografía reciente sobre la formación de cuajada

(Castillo *et al.*, 2006; Stocco *et al.*, 2015) en la que se insistía en que “Despite the importance of the syneresis process, it constitutes one of the least understood phases of cheese making especially in mixed gels (gels made by the combined action of acid and rennet)”. Sin embargo, en ambos trabajos se aportaban datos que demostraban la estrecha correlación entre concentración inicial de bacterias lácticas, la velocidad de la acidificación, la sinéresis y las características microestructurales de la cuajada, especialmente su permeabilidad y porosidad, así como la cantidad de suero expulsado. Una acidificación rápida determina una menor sinéresis y una cuajada más permeable y porosa (Castillo *et al.*, 2006). En el trabajo más reciente (Stocco *et al.*, 2015) se confirman estos resultados, pero también la dificultad de su estudio en procesos industriales. Cuando se utilizan condiciones estándar de laboratorio, los efectos y la cinética de la salida de suero y la formación de la cuajada pueden ser cuantificados y modelizados. Sin embargo, estos modelos no sirven para predecir el comportamiento de un queso industrial, en su caso el queso italiano Grana Padano.

Asumiendo por tanto las limitaciones citadas, el equipo 1 estableció su hipótesis en un descontrol de la flora aromática perteneciente al grupo de bacterias lácticas empleadas. En algún momento del proceso sufrieron una reactivación y se inició la producción de CO₂.

La comisión de expertos elaboró la hipótesis de que una alteración no identificada (que podía ser tanto la concentración de los cultivos iniciadores como variaciones de temperatura o ambas) había determinado una cuajada con más humedad, más porosa y más permeable.

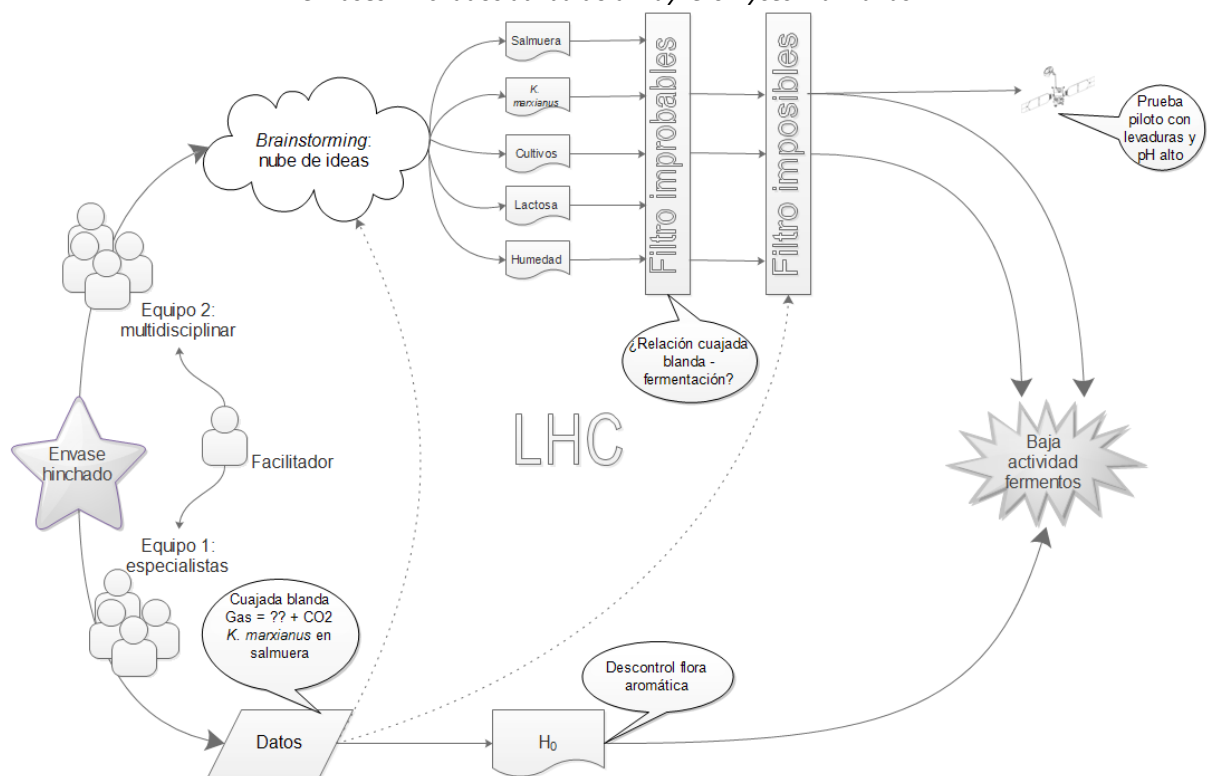
¿Cómo podían afectar estas características al crecimiento de *K. marxianus* cuando contaminara la cuajada? Unos coágulos con más actividad de agua y formando una red menos espesa, más porosa y permeable, podían favorecer, en primer lugar, el paso de mayor cantidad de levaduras desde la salmuera al queso y después el crecimiento en su interior, pero no la fermentación, que, como hemos visto al inicio de este capítulo basado en una revisión de la bibliografía de levaduras lácteas, solo se produce en ausencia de oxígeno. Sin embargo, una ampliación del análisis a las características fermentativas de *Kluyveromyces* detectadas en estudios básicos de bioquímica y biología molecular permitió conocer que en esta especie la glicolisis no es la vía metabólica predominante, sino que utiliza preferentemente la vía de las pentosas que genera NADPH. Este cofactor solo puede ser reoxidado en la mitocondria con consumo de oxígeno y por ello se considera que *Kluyveromyces* es una levadura que necesita oxígeno para poder fermentar eficazmente (Flores *et al.*, 2000).

El análisis de esta alteración y la explicación (con muchas lagunas), que ofreció el comité de expertos, parece simplificar nuestro camino hacia la identificación de la causa raíz en este caso, pero también demuestra la complejidad del sistema. Muestra un problema que es difícil de clasificar según nuestros esquemas previos.

Se barajaron varias hipótesis fundadas en las condiciones de la etapa de salado del queso; de la contaminación por *K. marxianus*; de la baja actividad de los cultivos; de la presencia de exceso de lactosa; del exceso de humedad en la cuajada del queso. Se podría tratar de un problema físico, si consideramos la alteración en el proceso de sinéresis que lleva a una estructura alterada de la cuajada, pero con un potencial origen microbiano (actividad de las bacterias productoras de lactato). Por otra parte, la alteración puede quedarse ahí y la alteración afectará a la microestructura del queso maduro, otro problema solo físico. Pero si el queso procedente de una cuajada alterada se contamina con una levadura a lo largo del proceso (y el saladero es el punto de mayor riesgo) se convertirá también en un problema microbiológico de hinchamiento.

La hipótesis más probable que encaja con las observaciones y con la bibliografía es la de unos fermentos con baja actividad que no han acidificado lo suficiente el grano y al no haber suficiente sinéresis el queso ha quedado con exceso de humedad (cuajada blanda). Un queso de estas características sufre un intercambio brusco en el saladero, donde se deshidrata en exceso la corteza, lo que reduce la proteólisis en la maduración y la cuajada pierde elasticidad. A su vez la baja actividad de los fermentos deja concentraciones de lactosa por encima de lo habitual. Esto permite a *K. marxianus*, que es una gran fermentadora de lactosa, competir en unas condiciones ventajosas y crecer en la cuajada hasta niveles detectables. Por otro lado, los fermentos, aunque con baja actividad, continuarán creciendo hasta agotar la lactosa. Adicionalmente el queso de este incidente era tierno, por lo que se envasó a los pocos días de su elaboración. El crecimiento de los microorganismos generando CO₂ ha saturado la capacidad de absorción de la corteza (a menos humedad menos capacidad de absorber CO₂) y esto provoca que tras el envasado todo el CO₂ producido se libera por las oquedades de la corteza produciendo el hinchamiento del envase. En la Figura 96 se muestra un esquema del diagrama CEPA que resumen lo comentado.

Figura 96. Representación del diagrama CEPA empleado en el caso de envases hinchados atribuido a *Kluyveromyces marxianus*



Creemos que la discusión de los casos de estudio que hemos seleccionado muestran, por un lado, la complejidad del sistema en estudio, la dificultad del análisis y el elevado grado de incertidumbre asociado a las hipótesis que se intentan demostrar. Pero por otro lado muestran también que solo aplicando metodologías para su análisis como las que se proponen en esta tesis vamos a ser capaces de obtener una información estructurada que nos permita seguir aprendiendo, es decir, avanzar en el conocimiento del problema. Nos parece la mejor forma de realizar un abordaje científico de los problemas que permita ir llegando a soluciones no puramente empíricas y locales sino generales y permanentes.

CONCLUSIONES

Conclusiones del Capítulo I

1.1. Los incidentes con origen microbiológico presentan unas características que tienen diferencias significativas con respecto a otros tipos de origen; especialmente en lo relativo a aspectos como la detectabilidad por los consumidores y las pérdidas económicas, siendo ambos puntos significativamente mayores.

1.2. Es posible aplicar los conceptos de complejidad, variabilidad e incertidumbre en la gestión de incidentes con origen microbiológico. Dicha aplicación permite redefinir herramientas de gestión adaptadas al entorno de variabilidad.

1.3. El marco Cynefin de gestión de la complejidad es una alternativa para complementar los sistemas actuales de gestión de la calidad, al permitir aplicar herramientas concretas sobre entornos de trabajo diferenciados. Esta aproximación permite un mejor ajuste de la realidad al tener en cuenta la variabilidad del proceso biotecnológico y el estado de madurez y evolución de la propia organización.

Conclusiones del Capítulo II

2.1. No hay una microbiota levaduriforme significativamente diferente en los quesos de pasta prensada españoles a la ya descrita en otras muchas clases de quesos europeos y de Sudáfrica. *Debaryomyces hansenii* está siempre presente en todos los quesos durante todo el proceso de elaboración. También son muy comunes *Yarrowia lipolytica* y *Kluyveromyces marxianus*.

2.2. Hemos encontrado dos nuevas especies de levaduras no citadas con anterioridad en quesos: *Pichia cactophila* y *Candida infanticola*. No podemos concluir que se trate de microbiota específica. En los ensayos anteriores pueden haber estado presentes pero no haber sido identificadas o haberlo sido incorrectamente, por problemas metodológicos o taxonómicos.

2.3. El proceso de contaminación-recontaminación también parece ser universal: las levaduras están presentes en la leche cruda, son eliminadas por el proceso de pasteurización y reaparecen en el queso a partir de la contaminación en el ambiente y la maquinaria de elaboración, no tanto por el personal. El control por tanto debe concentrarse prioritariamente en las instalaciones.

2.4. La formación de la cuajada, por coagulación y sinéresis, es un paso crítico no solo para determinar las futuras características físicas del queso sino también su composición microbiológica. La penetración de levaduras al interior del queso se da fundamentalmente durante el salado, a partir de la microbiota de la salmuera. La microestructura de la cuajada es un factor importante para determinar la cinética de difusión de la sal disuelta y de la microbiota suspensa en la salmuera hacia el interior del queso.

2.5. Como no se han encontrado en ningún caso levaduras específicas de deterioro, hay que concluir que las alteraciones las producen las especies presentes habitualmente. El deterioro podría surgir por un crecimiento descontrolado de la especie o por el apareamiento de cepas especialmente adaptadas para crecer y capaces de producir alteración. En esta tesis hemos encontrado ejemplos que apoyan ambas posibilidades. El hinchamiento de quesos, procedentes de cuajada malformada, por *K. marxianus* es un ejemplo de la primera. La gran diversidad intraespecífica de *D. hansenii* encontrada y descrita por primera vez en esta tesis apoya la segunda.

Conclusiones del Capítulo III

3.1. El empleo de un abordaje puramente científico y de enfoque biotecnológico ha permitido el desarrollo de herramientas orientadas a un uso empresarial. Dicha aplicación tiene la posibilidad de ser inmediata bajo ciertos entornos.

3.2. Las barreras identificadas para la implantación de los principios y prácticas propuestos son similares a las ya identificadas para los modelos de gestión de uso común en la industria. Esto puede permitir aplicar estrategias generales al modelo concreto propuesto.

3.3. Existen barreras específicas relacionados con los principios y prácticas propuestos relacionados con el tamaño de las organizaciones y el conocimiento. El aumento de complejidad del sistema de gestión con las aportaciones de este trabajo puede hacer inviable su aplicación en organizaciones pequeñas.

3.4. El uso de las herramientas en casos reales permite definir con mayor probabilidad de éxito el problema y ha permitido llegar a una solución más completa.

REFERENCIAS, FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

AENOR (2016) 'ISO Survey 2015', *Revista AENOR*, pp. 28–31. Disponible en: <https://www.aenor.es/revista/320/iso-survey-2015.html>

Aguado Franco, J. C. (2016) *Introducción a la teoría de juegos*, MiríadaX. Editado por U. MiríadaX. Madrid. Disponible en: <https://miriadax.net/web/introduccion-a-la-teoria-de-juegos>

Asimov, I. (1969) 'My Son, the Physicist', en *Nightfall : and other stories*. [1ª ed.]. Garden City N.Y.: Doubleday, pp. 217–220. Disponible en: <http://www.worldcat.org/title/nightfall-and-other-stories/oclc/>

Baranyi, J. and Roberts, T. A. (2004) 'Predictive microbiology - quantitative microbial ecology', *Culture*, 25(1), pp. 14–17

Barnett, H. L. and Hunter, B. B. (1972) 'Illustrated Genera of Imperfect Fungi', *Mycologia*, 64(4), p. 930. doi: 10.2307/3757954

Baş, M., Yüksel, M. and Çavuşoğlu, T. (2007) 'Difficulties and barriers for the implementing of HACCP and food safety systems in food businesses in Turkey', *Food Control*, 18(2), pp. 124–130. doi: 10.1016/j.foodcont.2005.09.002

Bellaver, L. H., Barbosa De Carvalho, N. M., Abrahão-Neto, J. and Gombert, A. K. (2004) 'Ethanol formation and enzyme activities around glucose-6-phosphate in *Kluyveromyces marxianus* CBS 6556 exposed to glucose or lactose excess', *FEMS Yeast Research*. Oxford University Press, 4(7), pp. 691–698. doi: 10.1016/j.femsyr.2004.01.004

Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L. and Cogan, T. M. (2001) 'Recent advances in cheese microbiology', *International Dairy Journal*, 11(4–7), pp. 259–274. doi: 10.1016/S0958-6946(01)00056-5

Bonorino Ramírez, P. R. (2012) 'La abducción como argumento 1', *AFD*, XXVIII, pp. 143–162

Fuentes y bibliografía

Cabana, M. D., Rand, C. S., Powe, N. R., Wu, A. W., Wilson, M. H., Abboud, P.-A. C. and Rubin, H. R. (1999) 'Why don't physicians follow clinical practice guidelines?', *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 282(15), pp. 1458–1465. doi: 10.1001/jama.282.15.1458

Cano-García, L., Flores, M. and Belloch, C. (2013) 'Molecular characterization and aromatic potential of *Debaryomyces hansenii* strains isolated from naturally fermented sausages', *Food Research International*. Elsevier Ltd, 52(1), pp. 42–49. doi: 10.1016/j.foodres.2013.02.047

Carreira, A., Paloma, L. and Loureiro, V. (1998) 'Pigment producing yeasts involved in the brown surface discoloration of ewes' cheese', *International Journal of Food Microbiology*, 41(3), pp. 223–230. doi: 10.1016/S0168-1605(98)00054-3

Castillo, M., Lucey, J. A., Wang, T. and Payne, F. A. (2006) 'Effect of temperature and inoculum concentration on gel microstructure, permeability and syneresis kinetics. Cottage cheese-type gels', *International Dairy Journal*, 16(2), pp. 153–163. doi: 10.1016/j.idairyj.2005.02.004

Charlet, L. (2015) *The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2015 Executive summary*, [en línea]. Disponible en: <http://www.iso.org/iso/home/standards/certification/iso-survey.htm>

Columela, L. J. M. (1879) *De re rustica: Los doce libros de agricultura*. Madrid: Vicente Tinajero. Disponible en: <http://datos.bne.es/edicion/bimo0000689527.html>

Comisión Europea (2004a) *REGLAMENTO (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios*, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:02004R0852-20090420>

Comisión Europea (2004b) *REGLAMENTO (CE) nº 853/2004 Normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal*, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02004R0853-20160401>

Comisión Europea (2005) *Reglamento (CE) nº 2073/2005 de 15 de noviembre de 2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios*, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02005R2073-20140601>

Comisión Europea (2010) *Preparatory Study on Food Waste Across Eu 27, October*. doi: 10.2779/85947

Comisión Europea (2014) *Horizon 2020 en breve*. Editado por Comisión Europea. Bruselas: Comisión Europea. doi: 10.2777/80075

Comisión Europea (2015) *EuroStats 2015_Milk*, [en línea]. Disponible en: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Milk and milk product statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Milk_and_milk_product_statistics)

Comisión Europea (2017) *RASFF - Food and Feed Safety Alerts*, [en línea]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/food/safety/rasff en](https://ec.europa.eu/food/safety/rasff_en)

Comunidad de Madrid (2011) *Directrices para el diseño, implantación y mantenimiento de un sistema APPCC y unas Prácticas Correctas de Higiene en las empresas alimentarias*. 3ª. Editado por Dirección General de Ordenación e Inspección - CAM

Corsetti, A., Rossi, J. and Gobetti, M. (2001) 'Interactions between yeasts and bacteria in the smear surface-ripened cheeses', *International Journal of Food Microbiology*, 69(1–2), pp. 1–10. doi: 10.1016/S0168-1605(01)00567-0

Dairy Processing Handbook ©Tetra Pak (2017) *Dairy Processing Handbook*. Disponible en: <http://www.dairyprocessinghandbook.com/>

Dybing, S. T., Wiegand, J. A., Brudvig, S. A., Huang, E. A. and Chandan, R. C. (1988) 'Effect of Processing Variables on the Formation of Calcium Lactate Crystals on Cheddar Cheese', *Journal of Dairy Science*, 71(7), pp. 1701–1710. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79736-2

Eco, U. and Sebeok, T. (1989) 'El signo de los tres: Dupin, Holmes, Pierce', en *El signo de los tres: Dupin, Holmes, Pierce*. Lumen, pp. 124–125. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-el-signo-de-los-tres-dupin-holmes-pierce/9788426411846/88846>

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) (2012) 'Scientific Opinion on the development of a risk ranking framework on biological hazards', *EFSA Journal*, 10(6), p. 2724. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2724

Fuentes y bibliografía

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) (2015) 'Scientific Opinion on the development of a risk ranking toolbox for the EFSA BIOHAZ Panel', *EFSA Journal*, 13(1), p. 3939. doi: 10.2903/j.efsa.2015.3939

Einstein, A. (1934) 'On the Method of Theoretical Physics', *Philosophy of Science*. Williams and Wilkins Co., 1(2), p. 163. doi: 10.1086/286316

England, R. (2015) *Cynefin and Standard+Case | Basic Service Management*, [en línea]. Disponible en: <http://www.basicism.com/content/cynefin-and-standardcase>

European Dairy Association (2016) *EDA Annual Report*. Disponible en: <http://eda.euromilk.org/publications/annual-report.html>

FACE European Network (2016) *European Guide for Good Hygiene Practices in the production of artisanal cheese and dairy products*. Disponible en: http://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/biosafety_fh_guidance_artisanal-cheese-and-dairy-products.pdf

Fakruddin, M., Mazumdar, R. M. and Mannan, K. S. Bin (2012) 'Predictive microbiology: Modeling microbial responses in food', *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, 40(2), pp. 121–131. doi: 10.4038/cjsbs.v40i2.3928

FAO (2002) *Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos, Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC)*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/w8088s/w8088s00.htm>

FAO (2012) *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención.*, Roma. doi: 10.3738/1982.2278.562.

FAO (2015) *Milk Facts*, [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/273893/>

FAO (2016a) *FAOstat*, [en línea]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QL/E>

FAO (2016b) *OECD-FAO Agricultural outlook 2016-2025*. OECD Publishing (OECD-FAO Agricultural Outlook). doi: 10.1787/agr_outlook-2015-en

FAO y OMS (2011a) *Codex Alimentarius*. 2ª, *Leche y Productos Lácteos*. 2ª. Roma. doi: 10.4067/S0718-07642015000500010

FAO y OMS (2011b) *Guía FAO/OMS para la aplicación de principios y procedimientos de análisis de riesgos en situaciones de emergencia relativas a la inocuidad de los alimentos*. doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2

FeNIL (2015) *Producción del sector lácteo, [en línea]*. Disponible en: <http://fenil.org/produccion-sector-lacteo/>

FIAB (2015) *Informe Económico 2015*. Disponible en: <http://www.fiab.es/>

Fleet, G. H. (2003) 'Yeasts: an underestimated role in cheese production', *Microbiology Australia*. CSIRO PUBLISHING, 24(3), pp. 36–37. doi: 10.1071/MA03336

Fleet, G. H. H. (1990) 'Yeasts in dairy products', *Journal of Applied Bacteriology*. Blackwell Publishing Ltd, 68(3), pp. 199–211. doi: 10.1111/j.1365-2672.1990.tb02566.x

Flores, C. L., Rodríguez, C., Petit, T. and Gancedo, C. (2000) 'Carbohydrate and energy- yielding metabolism in non-conventional yeasts', *FEMS Microbiol Rev*, 24, pp. 517–529

Forti, R. and Hemrard, M. (2016) *Eurostat: Agriculture, forestry and fishery statistics: 2015 edition*. Luxemburgo. doi: 10.2785/906420

Francisco Polledo, J. J. (2002) *Gestión de la seguridad alimentaria : análisis de su aplicación efectiva, Tecnología de alimentos*. Editado por Ediciones A. Madrid Vicente. Madrid. Disponible en: <http://www.amvediciones.com/gsa.htm>

Fuentes, et al. (2004) *AWARENET: Agro-food wastes minimisation and reduction network . thematic network for prevention, minimisation and reduction of wastes from the european agro-food industry*. Disponible en: http://cordis.europa.eu/project/rcn/54939_en.html

Fuquay, J. W., Fox, P. F. and McSweeney, P. L. H. (2011) *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/referenceworks/9780123744074>

Fuentes y bibliografía

Furtado, M. M. (2005) *Principais problemas dos queijos: causas e prevenção*. 2ª. Fonte Comunicações e Editora Ltda.

Galgano, A. (1995) *Los siete instrumentos de la calidad total*. Editado por Ediciones Díaz de Santos. Madrid

Genova, G. (1996) 'Los tres modos de inferencia', *Anuario Filosófico*, 29, pp. 1249–1263. Disponible en: <http://www.unav.es/gep/AF/Genova.html>

Gilling, S. J., Taylor, E. a, Kane, K. and Taylor, J. Z. (2001) 'Successful hazard analysis critical control point implementation in the United Kingdom: understanding the barriers through the use of a behavioral adherence model.', *Journal of food protection*. International Association for Food Protection, 64(5), pp. 710–715. doi: 10.4315/0362-028X-64.5.710

Gómez-López, R., López-Fernández, M. C. and Serrano-Bedia, A. M. (2015) 'Implementation barriers of the EFQM excellence model within the Spanish private firms', *Total Quality Management & Business Excellence*, 3363(November), pp. 1–17. doi: 10.1080/14783363.2015.1106314

González Martínez, J. (2003) *La producción en serie y la producción flexible, principios, técnicas organizacionales y fundamentos del cambio*. 1ª. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana

Google S (2016) *Google Académico, [en línea]*. Disponible en: <https://scholar.google.es/>

Gryna, F. M., Herrero, M. J. and Juran, J. M. (Joseph M. . (2007) *Método Juran : análisis y planeación de la calidad*. McGraw-Hill Interamericana

Guinee, T. P. and McSweeney, P. L. H. (2007) *Cheese problem solved*. 2ª, *Cheese problems solved*. 2ª. Editado por P.L.H. McSweeney. Woodhead Publishing. doi: <http://dx.doi.org/10.1533/9781845693534.159>

Gustavsson, F., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R. and Meybeck, A. (2011) *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*, Roma. Editado por FAO. Rome: FAO. doi: 10.3738/1982.2278.562

Hiatt, J. M. and Creasey, T. J. (2003) *Change Management: The People Side of Change*. Editado por Prosci Inc.

Horațiu, S., Bogdan, B. and Gârbacea, R. (2014) 'The existing barriers in implementing Total Quality Management', *Analele Universitatii din Oradea", Stiinte Economice*, 1, pp. 1234–12340. Disponible en: <http://steconomiceuoradea.ro/anale/volume/2014/n1/138.pdf>

Hounshell, D. A. (1984) *From the American System to Mass Production, 1800-1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States, Studies in industry and society*. Editado por The Johns Hopkins University Press. Baltimore y Londres. doi: 10.1080/00220270600988136

Huggins, I. P. (1998) 'Total quality management and the contributions of A.V. Feigenbaum', *Journal of Management History*, 4, p. 60. doi: 10.1108/13552529810369623

ICMSF (2006) *Guía simplificada para el entendimiento y uso de objetivos de inocuidad de los alimentos y objetivos de rendimiento, International Commission on Microbiological Specifications for Foods*. doi: 10.1016/j.foodcont.2008.11.005

IDJ (2016) *International dairy journal*, [en línea]. Disponible en: <http://www.journals.elsevier.com/international-dairy-journal>

Inlac (2017) *Inlac*, [en línea]. Disponible en: http://www.inlac.es/sector_produccion.php

Ishikawa, K. (1976) *Guide to quality control, Industrial engineering and technology*. Tokyo: Asian Productivity Organization

Ishikawa, K. (1994) *Introducción al control de calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos

ISO (2015) *Quality management principles, 2015*. doi: ISBN 978-92-67-10650-2

Jakobsen, M. and Narvhus, J. (1996) 'Yeasts and their possible beneficial and negative effects on the quality of dairy products', *International Dairy Journal*, 6(8–9), pp. 755–768. doi: 10.1016/0958-6946(95)00071-2

JDS (2016) *Journal of dairy science*, [en línea]. Disponible en: <http://www.journalofdairyscience.org/>

Fuentes y bibliografía

Johnson, M. E. and Lucey, J. a (2006) 'Calcium: A key factor in controlling cheese functionality', *Australian journal of dairy technology*, 61, pp. 147–153

Korukluoglu, M., Sahan, Y. and Yigit, A. (2006) 'The fungicidal efficacy of various commercial disinfectants used in the food industry', *Annals of Microbiology*. Springer-Verlag, 56(4), pp. 325–330. doi: 10.1007/BF03175025

Kurtzman, C. P. and Robnett, C. J. (1998) 'Identification and phylogeny of ascomycetous yeasts from analysis of nuclear large subunit (26S) ribosomal DNA partial sequences', *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*. Kluwer Academic Publishers, 73(4), pp. 331–371. doi: 10.1023/A:1001761008817

Lane, M. M. and Morrissey, J. P. (2010) '*Kluyveromyces marxianus*: A yeast emerging from its sister's shadow', *Fungal Biology Reviews*, 24(1–2), pp. 17–26. doi: 10.1016/j.fbr.2010.01.001

Law, Barry A., Tamime, A. Y. (2000) *Technology of Cheesemaking*. 2^a, *Food Research International*. 2^a. Wiley-Blackwell. doi: 10.1016/S0963-9969(00)00083-1

Leyva, J. S., Manrique, M., Prats, L., Loureiro-Dias, M. C. and Peinado, J. M. (1999) 'Regulation of fermentative CO₂ production by the food spoilage yeast *Zygosaccharomyces bailii*', *Enzyme and Microbial Technology*, 24(5–6), pp. 270–275. doi: 10.1016/S0141-0229(98)00114-8

Lodgaard, E., Ingvaldsen, J. A., Aschehoug, S. and Gamme, I. (2016) 'Barriers to Continuous Improvement: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers', *Procedia CIRP*, 41(December), pp. 1119–1124. doi: 10.1016/j.procir.2016.01.012

Lööke, M., Kristjuhan, K. and Kristjuhan, A. (2011) 'Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR-based applications.', *BioTechniques*, 50(5), pp. 325–8. doi: 10.2144/000113672

Lourenço Neto, J. P. de M. (2013) *Queijos aspectos tecnológicos*. 1st edn. Editado por J. P. de M. Lourenço Neto. Lourenço Neto

Macedo, A. C., Malcata, F. X. and Hogg, T. A. (1995) 'Microbiological profile in Serra ewes' cheese during ripening', *Journal of Applied Bacteriology*. Blackwell Publishing Ltd, 79(1), pp. 1–11. doi: 10.1111/j.1365-2672.1995.tb03117.x

MAGRAMA (2015) *Estadística láctea anual, [en línea]*. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/estadistica-industrias-lacteas/estadistica-lactea-anual/default.aspx#para3>

MAGRAMA (2016) *Informe coyuntura del sector vacuno de leche*. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/vacuno-lechero/informacion-del-sector/informes.aspx>

MAPA (2012) *Barómetro del Clima de Confianza del Sector Agroalimentario*. Disponible es: <http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/barometro-del-clima-de-confianza-del-sector-agroalimentario/>

Margulis, L. and Sagan, D. (1995) *What is Life?* Editado por University of California Press. Berkeley y Los Ángeles: Simon & Schuster.

Masao, F. T., Ichumbaki, E. B., Cherin, M., Barili, A., Boschian, G., Iurino, D. A., Menconero, S., Moggi-Cecchi, J. and Manzi, G. (2016) 'New footprints from Laetoli (Tanzania) provide evidence for marked body size variation in early hominins', *eLife*. eLife Sciences Publications Limited, 5, pp. 1–29. doi: 10.7554/eLife.19568

Mathur, S. B. and Kongsdal, O. (2003) *Common Laboratory Seed Health Testing Methods for Detecting Fungi*. 1st edn. Bassersdorf: International Seed Testing Association. Disponible en: <https://catalog.hathitrust.org/Record/009176889>

Miles, A. A., Misra, S. S. and Irwin, J. O. (1938) 'The estimation of the bactericidal power of the blood', *Journal of Hygiene*, 38(6), pp. 732–749. doi: 10.1017/S002217240001158X

Moreno, R. (1988) *Defectos y alteraciones de los quesos*. Sevilla: Junta de Andalucía, Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias. Disponible en: http://cataleg.udl.cat/record=b1000339~S11*cat

von Neubeck, M., Baur, C., Krewinkel, M., Stoeckel, M., Kranz, B., Stressler, T., Fischer, L., Hinrichs, J., Scherer, S. and Wenning, M. (2015) 'Biodiversity of refrigerated raw milk microbiota and their enzymatic spoilage potential', *International Journal of Food Microbiology*, 211, pp. 57–65. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.001

Fuentes y bibliografía

Osborn, A. (2008) *Your Creative Power*. Editado por HAMILTON BOOKS. Amherst. doi: citeulike-article-id:1100599

Padilla, B., Belloch, C., López-Díez, J. J., Flores, M. and Manzanares, P. (2014) 'Potential impact of dairy yeasts on the typical flavour of traditional ewes' and goats' cheeses', *International Dairy Journal*. Elsevier Ltd, 35(2), pp. 122–129. doi: 10.1016/j.idairyj.2013.11.002

Panda, S. (2015) *TQM: IDENTIFYING AND OVERCOMING OBSTACLES | Sanjita Panda | Pulse | LinkedIn*, [en línea]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/tqm-identifying-overcoming-obstacles-sanjita-panda>

Panisello, P. J. and Quantick, P. C. (2001) 'Technical barriers to Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)', *Food Control*, 12(3), pp. 165–173. doi: 10.1016/S0956-7135(00)00035-9

Pareto, V. (1945) *Manual de economía política*. Atalaya

Pathman, D. E., Konrad, T. R., Freed, G. L., Freeman, V. A. and Koch, G. G. (1996) 'The awareness-to-adherence model of the steps to clinical guideline compliance. The case of pediatric vaccine recommendations.', *Medical care*, 34(9), pp. 873–89. doi: 10.1097/00005650-199609000-00002

Peinado, J. M., de Silóniz, M. I., Wrent, P., Rivas, E. M., Gil de Prado, O., Esteban, O. and Vera, J. F. (2016) 'Las levaduras en alimentos: ¿Buenas amigas, peores enemigas?', en *Métodos rápidos y automatización en Microbiología alimentaria*, pp. 1–8

Peirce, C. S. (1974) *Collected papers of Charles Sanders Peirce*. Harvard University Press

RAE (2016) *Diccionario de la lengua española*, [en línea]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>

Ramírez Vela, A. and Martín Fernández, J. (2003) 'Barriers for the developing and implementation of HACCP plans: Results from a Spanish regional survey', *Food Control*, 14(5), pp. 333–337. doi: 10.1016/S0956-7135(02)00098-1

Real Decreto 1113/2006 (2006) *Normas de calidas para quesos y quesos fundidos*, BOE. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-17436>

Regis, E. (2008) *What is Life? Investigating the nature of life in the age of Synthetic Biology*. Farrar, Straus and Giroux. doi: 10.1038/452692a

Rodríguez Ruiz, L. A., Delgado Fuente, D., Sancho Rincón, D. and Ruiz Crespo, E. (2016) *Queso Castellano: guía básico de análisis sensorial*. Editado por SEOC; ITACyL; UVA

Roostita, R. and Fleet, G. H. (1996) 'Growth of yeasts in milk and associated changes to milk composition', *International Journal of Food Microbiology*, 31(1–3), pp. 205–219. doi: 10.1016/0168-1605(96)00999-3

Rossi, J., Gobetti, M., Buzzini, P., Corsetti, A., Smacchi, E. and de Angelis, M. (1997) 'Yeasts in dairy', *Annali di Microbiologia Ed Enzimologia*, 47, pp. 169–183

Sarais, I., Piussi, D., Aquili, V. and Stecchini, M. L. (1996) 'The behavior of yeast populations in Stracchino cheese packaged under various conditions', *Journal of Food Protection*. International Association for Food Protection, 59(5), pp. 541–544. doi: 10.4315/0362-028X-59.5.541

Schrödinger, E. (1944) '¿Qué es la vida?', en *Lectures on Dublin Insitutute for Advances Studies*. Dublin, p. 64

Sebeok, T. A. and Umiker-Sebeok, J. (1987) *Sherlock Holmes y Charles S. Peirce. El método de la investigación*. Bloomington: Gasligth Publicactions. Disponible en: www.unav.es/gep/SherlockHolmesCharlesPeirce.pdf

Seiler, H. and Busse, M. (1990) 'The yeasts of cheese brines', *International Journal of Food Microbiology*, 11(3–4), pp. 289–303. doi: 10.1016/0168-1605(90)90022-W

Snowden, D. (2010) *The Cynefin Framework, CognitiveEdge*. Disponible en: <http://cognitive-edge.com/videos/cynefin-framework-introduction/>

Snowden, D. J. and Boone, M. E. (2007) 'A Leader ' s Framework for Decision Making', *Harward Business Review*, (diciembre 2007)

Sørensen, L. M., Gori, K., Petersen, M. A., Jespersen, L. and Arneborg, N. (2011) 'Flavour compound production by *Yarrowia lipolytica*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Debaryomyces*

Fuentes y bibliografía

hansenii in a cheese-surface model', *International Dairy Journal*, 21(12), pp. 970–978. doi: 10.1016/j.idairyj.2011.06.005

Stocco, G., Cipolat-Gotet, C., Cecchinato, A., Calamari, L. and Bittante, G. (2015) 'Milk skimming, heating, acidification, lysozyme, and rennet affect the pattern, repeatability, and predictability of milk coagulation properties and of curd-firming model parameters: A case study of Grana Padano.', *Journal of dairy science*. Elsevier, 98(8), pp. 5052–67. doi: 10.3168/jds.2014-9146

Taguchi, G., Chowdhury, S. and Wu, Y. (2004) *Taguchi's Quality Engineering Handbook*, *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. Editado por S. Taguchi and Y. Hiroshi. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1002/9780470258354

Tague, N. R. (2005) *The quality toolbox*. Milwaukee: ASQ Quality Press

Taroni, F., Biedermann, A., Bozza, S., Garbolino, P. and Aitken, C. (2006) *Bayesian Networks for Probabilistic Inference and Decision Analysis in Forensic Science*. Editado por John Wiley & Sons. Chichester

Taylor, E. (2001) 'HACCP and SMEs: problems and opportunities', *Making the Most of HACCP*, *Woodhead Publishing Ltd, Cambridge*

Taylor, F. W. (1919) *The principles of scientific management*. Editado por Harper & Brothers. London

The Pennsylvania State University (2017) *Reasoning Patterns | FRNSC 297A, [en línea]*. Disponible en: https://online.science.psu.edu/frnsc297a_sandbox_2391/node/2402

Torkar, K. G. and Vengušt, A. (2008) 'The presence of yeasts, moulds and aflatoxin M1 in raw milk and cheese in Slovenia', *Food Control*, 19(6), pp. 570–577. doi: 10.1016/j.foodcont.2007.06.008

U.S. Department of Defense (1949) *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis MIL-P-1629*

Ulewicz, R. and Kucęba, R. (2016) 'Identification of problems of implementation of Lean concept in the SME sector', *Ekonomia i Zarzadzanie*, 8(1). doi: 10.1515/emj-2016-0002

Vadillo, S., Jesus PAYA, M., Teresa CUTULI, M. and SUAREZ (1987) 'Mycoflora of milk after several types of pasteurization', *Le Lait*. EDP Sciences, 67(2), pp. 265–273. doi: 10.1051/lait:1987216

Viljoen, B. C. (2001) 'The interaction between yeasts and bacteria in dairy environments', *International Journal of Food Microbiology*, 69(1–2), pp. 37–44. doi: 10.1016/S0168-1605(01)00570-0

Viljoen, B. C. and Greyling, T. (1995) 'Yeasts associated with Cheddar and Gouda making', *International Journal of Food Microbiology*, 28(1), pp. 79–88. doi: 10.1016/0168-1605(94)00114-L

Watanabe, T. (2010) *Pictorial atlas of soil and seed fungi : morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC Press/Taylor & Francis

Watson, J. D. (2007b) *Avoid boring people : lessons from a life in science*. Alfred A. Knopf. Disponible en: <http://catdir.loc.gov/catdir/enhancements/fy0838/2007015675-s.html>

Welthagen, J. J. and Viljoen, B. C. (1998) 'Yeast profile in Gouda cheese during processing and ripening', *International Journal of Food Microbiology*, 41(3), pp. 185–194. doi: 10.1016/S0168-1605(98)00042-7

Welthagen, J. J. and Viljoen, B. C. (1999) 'The isolation and identification of yeasts obtained during the manufacture and ripening of Cheddar cheese', *Food Microbiology*, 16(1), pp. 63–73. doi: 10.1006/fmic.1998.0219

Westall, S. and Filtenborg, O. (1998) 'Spoilage yeasts of decorated soft cheese packed in modified atmosphere', *Food Microbiology*, pp. 243–249. doi: 10.1006/fmic.1997.0162

White, T. J., Bruns, S., Lee, S. and Taylor, J. (1990) 'Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics', *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. New York, pp. 315–322. doi: citeulike-article-id:671166

Wickerham, L.J. (1951) Taxonomy of yeast. US Dep Agric Tech Bull, 1029, 11-56

Wilbur, W.J. y Lipman, D.J. (1983) Rapid similarity searches of nucleic acid and protein data banks. Proc Natl Acad Sci U S A, 80, 726-730

Fuentes y bibliografía

WOS (2016) *Web of science*®, [en línea]. Disponible en: <https://webofknowledge.com/>

Wrent, P., Rivas, E.-M., de Prado, E., Peinado, J. and de Silóniz, M.-I. (2015) 'Assessment of the Factors Contributing to the Growth or Spoilage of *Meyerozyma guilliermondii* in Organic Yogurt: Comparison of Methods for Strain Differentiation', *Microorganisms*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 3(3), pp. 428–440. doi: 10.3390/microorganisms3030428

Wrent, P., Rivas, E. M., Gil de Prado, E., Peinado, J. M. and de Silóniz, M. I. (2014) 'Debaryomyces', in *Encyclopedia of Food Microbiology*. Elsevier, pp. 563–570. doi: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00081-1

Zwietering, M. H. H. (2015) 'Risk assessment and risk management for safe foods: Assessment needs inclusion of variability and uncertainty, management needs discrete decisions', *International Journal of Food Microbiology*, 213, pp. 118–123. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.032

ÍNDICES

I. Índice de figuras

Figura 1. Principales commodities mundiales.....	25
Figura 2. Producción mundial por especies	26
Figura 3. Empleo de la leche en productos lácteos.....	26
Figura 4. Flujo de la leche en Europa EU-28.....	28
Figura 5. Producción de leche en España: vaca, oveja y cabra	29
Figura 6. Producción de leche de España en Europa	30
Figura 7. Productos obtenidos en España a partir de los diferentes tipos de leche	30
Figura 8. Diagrama de flujo estándar de elaboración de queso.	34
Figura 9. Inicio de corte de la cuajada.....	37
Figura 10. Origen de notificaciones RASFF entre 2010 y 2015	40
Figura 11. Agente causante de alertas RASFF entre 2010 y 2015	41
Figura 12. Vectores de las alertas generadas por RASFF entre 2010 y 2015.....	42
Figura 13. Queso con grieta característica de crecimiento de bacilos generadores de esporas termorresistentes.....	45
Figura 14. Queso con evidente signo de hinchazón tardía posiblemente por crecimiento de <i>Clostridium tyrobutiricum</i>	45
Figura 15. Envase de tecnología de vacío con presencia de gas.....	46
Figura 16. Queso con ojos normales (izquierda) y con tamaño excesivo (derecha)	46
Figura 17. Quesos con bordes blancos caracterizados por tener menor contenido en humedad y menor elasticidad	47
Figura 18. Queso con abundante crecimiento de microorganismos exógenos en superficie durante la maduración en cámara.....	48
Figura 19. Queso con baja cohesión de la cuajada: al aplicar una fuerza de tracción los granos de cuajada se separar.....	48

Índices

Figura 20. Cristales de lactato cálcico en la superficie del queso	49
Figura 21. Quesos con diversas coloraciones por crecimiento de microorganismos en la corteza	49
Figura 22. Pieza de queso envasada con la corteza deteriorada,	50
Figura 23. Quesos con crecimiento de moho en superficie	50
Figura 24. Queso con agrietado de la cuajada por exceso de humedad posiblemente por defecto en el prensado	50
Figura 25. Queso mal prensado	51
Figura 26. Queso en el que se evidencian dos colores en la corteza debido a una maduración no homogénea	51
Figura 27. Pérdidas de leche y alimentos lácteos por región	53
Figura 28. Evolución del número de certificados de ISO 9001 en el mundo	60
Figura 29. Share de ISO 9001 por regiones económicas.....	61
Figura 30. Porcentajes relativos por fuente ordenado por topic para la búsqueda cheese durante el periodo 2011-2015	67
Figura 31. Resultados de la serie histórica por topic de para la búsqueda cheese en WOS para el periodo 2011-2015	67
Figura 32. Porcentaje relativo de registros por origen para la búsqueda en WOS de cheese + defects en el periodo comprendido entre 2014-2015.....	68
Figura 33. Representación del marco de trabajo Cynefin	82
Figura 34. Triángulo de Peirce.....	86
Figura 35. Frecuencia relativa teórica de los tipos de peligro y detectabilidad de cada categoría por el consumidor	95
Figura 36. Frecuencias relativas de las categorías de defectos	96
Figura 37. Diagrama de Pareto: ranking de etapas de proceso que son origen de defecto. Frecuencias relativas (f_i) y acumuladas (F_i)	97
Figura 38. Diagrama de Pareto: ranking de etapas de proceso en las que es detectable el defecto. Frecuencias relativas y acumuladas.....	98

Figura 39. Matriz de clasificación de defectos en función de las variables analizadas afecta a rendimiento y detectabilidad por el consumidor	99
Figura 40. Frecuencias acumuladas de defectos en porcentaje por etapa de proceso en sentido cronológico.....	100
Figura 41. Frecuencia relativa de los tipos de peligro en los incidentes analizados	102
Figura 42. Frecuencias relativas de los expedientes por categorías según la etapa de origen dentro de la cadena de valor	103
Figura 43. Frecuencias relativas del modo de detección	107
Figura 44. Diagrama de Pareto de factores de las causas.....	109
Figura 45. Distribución de frecuencias por etapas de proceso origen de la causa para el total de expedientes y el subconjunto de origen microbiológico	110
Figura 46. Distribución de frecuencias por etapas de proceso con detección de síntoma para el total de expedientes y el subconjunto de origen microbiológico.....	111
Figura 47. Frecuencias acumuladas en porcentaje de defectos microbiológicos por etapa de proceso en sentido cronológico	112
Figura 48. Tasa de detección de problemas microbiológicos en bibliografía e industria.....	112
Figura 49. Diagrama de Pareto de 6M sobre los efectos	113
Figura 50. Ranking de categoría de defectos	114
Figura 51. Frecuencia de casos por área temática.....	115
Figura 52. Frecuencia de casos por detectabilidad.....	115
Figura 53. Consecuencias para el negocio de los incidentes en la elaboración de queso.....	115
Figura 54. Causas del origen de los incidentes con la perspectiva humana. Frecuencias relativas en %	117
Figura 55. Matriz de clasificación de los expedientes en función de las variables analizadas rendimiento y detectabilidad.....	118
Figura 56. Representación esquemática del marco de trabajo Cynefin aplicado en esta investigación.....	121

Índices

Figura 57. Representación de relación causa-efecto (abscisa) e interacción entre efectos (ordenada) para cada tipo de etiqueta de clasificación. Dominio simple (cuadrante IV), complicado (I), complejo(II), caótico (III), desordenado (0,0).....	121
Figura 58. Representación ponderada del conjunto de los 2663 expedientes analizados ...	122
Figura 59. Representación ponderada de todos los expedientes.....	123
Figura 60. Ciclo de lo esperado y lo observado.....	125
Figura 61. Flujo del modelo de análisis	127
Figura 62. Esquema cronológico de incidentes.....	130
Figura 63. Funcionamiento de la herramienta LHC	132
Figura 64. Representación y tabla de datos de expediente “ejemplo” sobre los cuadrantes Cynefin.....	146
Figura 65. Recuento de levaduras en leche cruda de diferentes especies en la recepción del centro lácteo (en ufc·ml ⁻¹).....	151
Figura 66. Puntos de control en las rutas metabólicas del catabolismo de la glucosa en levaduras: tasa glicolítica de glucosa a piruvato	159
Figura 67. Producción de CO ₂ por <i>Debaryomyces hansenii</i> PR66 en un medio complejo con glucosa como fuente de carbono.....	161
Figura 68. Hinchamiento por producción de gas en dos yogures contaminados por <i>Meyerozyma guilliermondii</i>	162
Figura 69. Inoculación en la cara plana del queso de cultivos puros de mohos aislados en muestras de queso con defectos	169
Figura 70. Esquema de inoculación de las diferentes cepas de mohos sobre una de las caras planas del queso.....	169
Figura 71. Recuento de levaduras en queso elaborado con diferentes tipo de leche a la salida de salmuera.....	170
Figura 72. Representación de la microbiota levaduriforme aislada de las muestras tomadas a lo largo del proceso de elaboración del queso: se muestra visualmente la presencia en la materia prima, la eficacia del tratamiento térmico y la recontaminación posterior	171

Figura 73. Recuentos de levaduras en salmuera procedente de saladeros independientes: representación visual de las diferencias de concentración de levaduras en los mismos.....	172
Figura 74. Representación visual de la microbiota levaduriforme en los elementos accesorios en la elaboración de queso	175
Figura 75. Representación visual de la variabilidad de recuentos de levaduras obtenidos en diferentes fábricas (1, 2, 3 y 4).....	176
Figura 76. Morfotipos aislados de salmueras	177
Figura 77. Quesos analizados antes (izquierda) y después de la etapa de salado (derecha)	177
Figura 78. Categoría de síntomas sobre las muestras de quesos con defectos estudiados..	178
Figura 79. Prevalencia de la presencia de los diferentes grupos de microorganismos por etapa de maduración en los quesos.....	181
Figura 80. Crecimiento de <i>D. hansenii</i> en diferentes sustratos;	184
Figura 81. Número de muestras con presencia de los diferentes índices de peligrosidad de <i>D. hansenii</i> en zonas de queso con y sin defecto.....	187
Figura 82. Variabilidad intramuestra	188
Figura 83. Crecimiento general de las levaduras estudiadas en los desinfectantes analizados.	190
Figura 84. Capacidad de crecimiento (en % del crecimiento máximo).....	191
Figura 85. Distribución de la capacidad de crecimiento general de las cepas estudiadas en los diferentes productos.....	191
Figura 86. Capacidad de crecimiento de las diferentes cepas.....	192
Figura 87. Queso tras maduración	194
Figura 88. Corte del sector en láminas donde se aprecia el avance del micelio sobre la perforación realizada	196
Figura 89. Ciclo de mejora en la resolución de incidentes y etapas clave.....	199
Figura 90. Modelo ADKAR	208
Figura 91. Índice relativo de importancia de las barreras en la implantación de sistemas de gestión.....	209
Figura 92. Índice relativo de las soluciones a las barreras	212

Índices

Figura 93. Propuesta de actuación para la reducción de la variabilidad	217
Figura 94. Análisis de causas y acciones (simplificado).....	222
Figura 95. Ejemplos de diagramas CEPA empleados en el análisis de incidentes.	224
Figura 96. Representación del diagrama CEPA empleado en el caso de envases hinchados atribuido a <i>Kluyveromyces marxianus</i>	228

II. Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la leche (g/100g) de diferentes especies	31
Tabla 2. Principales propiedades físicas de la leche	32
Tabla 3. Tipos de bacterias lácticas y principales características de interés.	36
Tabla 4. Defectos principales detectados en quesos con origen microbiológicos	52
Tabla 5. Principales causas por las que se retiran los productos de la venta.	54
Tabla 6. Principales causas del desperdicio alimentario por sectores.....	55
Tabla 7. Porcentaje de desperdicio y subproductos generados en diferentes procesos	56
Tabla 8. Número de registros por categorías para la búsqueda cheese en el título para el periodo 2011-2015.....	65
Tabla 9. Número de registros por fuente para la búsqueda cheese en el título para el periodo 2011-2015	65
Tabla 10. Número de registros por país para la búsqueda cheese en el título para el periodo 2011-2015	66
Tabla 11. Acceso a publicaciones por área y propuesta de paradigma de complejidad para los diferentes tipos de bienes.....	71
Tabla 12. Distinción entre los métodos de razonamiento.	85
Tabla 13. Tipos de razonamiento y sus características principales	86
Tabla 14. Índice de riesgo relativo de los incidentes con origen microbiológico con respecto a los demás orígenes sobre detectabilidad, pérdida y reproceso	116
Tabla 15. Clasificación de sucesos no deseados según factores, dominios y áreas de mejora	129
Tabla 16. Matriz de pagos para la entrega de mercancía entre proveedor – cliente.....	135
Tabla 17. Matriz de pagos conjunta	137
Tabla 18. Propuesta de ponderación de etiquetas con base en los datos del estudio	145
Tabla 19. Aislamientos de levaduras asociadas a fuentes de contaminación según (Viljoen and Greyling, 1995)	153

Índices

Tabla 20. Aislamientos de diferentes levaduras asociadas a fuentes a contaminación y etapas del proceso en la fabricación de queso Gouda según (Welthagen and Viljoen, 1998).....	153
Tabla 21. Aislamientos de diferentes levaduras asociadas a fuentes a contaminación y etapas del proceso en la fabricación de queso Cheddar según (Welthagen and Viljoen, 1999)	154
Tabla 22. Clasificación de las especies de levaduras según su dependencia de la concentración externa de glucosa y de oxígeno para producir CO ₂ fermentativo	160
Tabla 23. Cepas de levaduras empleadas en los test de efectividad de desinfectantes industriales	167
Tabla 24. Desinfectantes industriales empleados y sus características.....	167
Tabla 25. Microbiota levaduriforme en queso. Comparativa de identificación con estudios previos	180
Tabla 26. Capacidad de crecimiento en diferentes sustratos de 56 cepas de <i>D. hansenii</i> aisladas de muestras de queso.	183
Tabla 27. Capacidad combinada de crecimiento de <i>D. hansenii</i> sobre lactosa y lactato	184
Tabla 28. Índice de peligrosidad de las cepas de <i>D. hansenii</i> aisladas en queso.....	186
Tabla 29. Riesgo relativo sobre los factores inoculación, tiempo y perforación	195
Tabla 30. Barreras identificadas en diferentes sistemas y modelos de gestión	201
Tabla 31. Abordaje de identificación de barreras y necesidades	207
Tabla 32. Barreras identificadas en la investigación	210
Tabla 33. Coincidencia de barreras identificadas por expertos (Encuesta) y en esta tesis (SGI+)	211
Tabla 34. Propuesta de implantación de principios y prácticas basado en el modelo ADKAR	214

ANEXOS

I. Abreviaturas³¹

%F_i: frecuencia absoluta en porcentaje

%f_i: frecuencia relativa en porcentaje

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación

ALOP: *Appropriate Level of Protection*: nivel adecuado de protección

AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos (en inglés FMEA *Failure Modes and Effects Analysis*)

APPCC: Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (en inglés HACCP *Hazard Analysis Critical Control Point*)

a_w: actividad de agua

c.s.p.: cantidad suficiente para

FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FeNIL: Federación Nacional de Industrias Lácteas

F_i: frecuencia absoluta

f_i: frecuencia relativa

FMEA: ver AMFE

FSO: *Food Safety Objective*: objetivo de seguridad alimentaria

HACCP: ver APPCC

IDJ: *International Dairy Journal*

InLAC: Organización Interprofesional Láctea

ISO: *International Organization for Standardization*

JDS: *Journal of Dairy Science*

N/A: No Aplica

RASFF: *Rapid Alert System for Food and Feed*: sistema de alerta para alimentos y piensos

³¹ En los acrónimos se han marcado con mayúsculas las respectivas letras para una mejor explicación

Anexos

SGI: Sistema de Gestión Integrado

SGI+: propuesta de principios y prácticas a aplicar como complemento de los SGI

TQM: *Total Quality Management*

UHT: *Ultra Hight Temperature*

WOS: *Web Of Science*

II. Encuesta de problemas

Problemas en la elaboración de queso

Esta encuesta se enmarca dentro de una investigación sobre los problemas que aparecen en la elaboración de queso. Si has recibido el enlace de la encuesta es porque se ha identificado que perteneces al sector lácteo y en particular al quesero y se ha valorado que tienes conocimientos profundos sobre el asunto.

En la encuesta se solicita que describas problemas que aparecen en los quesos que habitualmente se fabrican en España de pasta prensada no cocida y con maduración o no.

Tus comentarios son importantes y se presentarán de forma agregada manteniendo el anonimato dentro de una total confidencialidad. Los resultados agregados se publicarán dentro de una tesis doctoral para conocimiento de todos los queseros y que el conocimiento compartido pueda permitir mejorar este apasionante mundo del queso.

La encuesta consta de 10 preguntas y 4 páginas.

Gracias por participar en esta encuesta.

Problemas en la elaboración de queso

* 1. Por favor, selecciona tu perfil profesional con el que respondes a esta encuesta:

Otro (especifique)

* 2. Años de experiencia

<5 años

5 - 10 años

> 10 años

3. ¿Tienes experiencia en la elaboración de queso?

Sí

No

Problemas en la elaboración de queso

4. Acorde con tu experiencia, ¿cuál es el principal origen de problemas en las queserías?

	Físico	Químico	Microbiológico	Gestión
Queserías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Definimos problema adoptado aquel que "se hereda" de los proveedores, problema generado al que "se produce" en los procesos bajo nuestro control y problema atribuido al que "se da" en etapas posteriores a la entrega a nuestro cliente. Según tu experiencia, ¿cuál sería el de mayor importancia en las queserías?

	Adoptado (procesos proveedores)	Generado (procesos propios)	Atribuido (procesos cliente)
Queserías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Por favor, indica problemas que hayas identificado en tu experiencia

Problema 1	<input type="text"/>
Problema 2	<input type="text"/>
Problema 3	<input type="text"/>
Problema 4	<input type="text"/>
Problema 5	<input type="text"/>
Problema 6	<input type="text"/>
Problema 7	<input type="text"/>
Problema 8	<input type="text"/>
Problema 9	<input type="text"/>
Problema 10	<input type="text"/>

7. Para cada problema definido en la pregunta anterior, por favor marca la casilla es el caso de ser afirmativa la respuesta a la pregunta de la columna

	¿Afectó a seguridad alimentaria?	¿Se detectó el problema por personal de la quesería?	¿Produjo mermas de fabricación o pérdidas?	¿Produjo reproceso?	¿Fue detectado o podría haber sido detectado por el consumidor?
Problema 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problema 10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Para cada problema definido en la pregunta 6, por favor indica desde la perspectiva humana el origen de los mismos

	Negligencia	Intencionalidad	Desconocimiento	Desviación del proceso	Error de operación
Problema 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 9	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problema 10	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Otro (especifique)

Anexos

9. Por favor ordena de mayor a menor relevancia las etapas del proceso en las que se originan los problemas

☰	▾	Granja	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Recogida, transporte, almacenamiento	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Pasteurización	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Operaciones en cuba	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Moldeo/desmoldeo	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Prensa	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Saladero	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Secado	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Maduración/afinado	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Envasado	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Venta	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Consumo	<input type="checkbox"/>	N/C

10. Por favor ordena de mayor a menor las etapas en las que se detectan los problemas

☰	▾	Granja	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Recogida, transporte, almacenamiento	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Pasteurización	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Operaciones en cuba	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Moldeo/desmoldeo	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Prensa	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Saladero	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Secado	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Maduración/afinado	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Envasado	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Venta	<input type="checkbox"/>	N/C
☰	▾	Consumo	<input type="checkbox"/>	N/C

III. Encuesta de expertos

Problemas de fabricación y barreras en la implantación de sistemas de Gestión de Calidad

Esta encuesta se enmarca dentro de una investigación sobre los problemas que aparecen en los procesos productivos y las barreras detectadas en la implantación de sistemas de gestión de la Calidad en empresas de alimentación.

Tus comentarios son importantes y se presentarán de forma agregada manteniendo el anonimato dentro de una total confidencialidad.

La encuesta consta de 10 preguntas y 4 páginas.
Gracias por participar en esta encuesta.

Problemas de fabricación y barreras en la implantación de sistemas de Gestión de Calidad

* 1. Por favor, selecciona tu perfil profesional con el que respondes a esta encuesta:



Otro (especifique)

* 2. Años de experiencia

<5 años

5 - 10 años

> 10 años

3. ¿Tienes experiencia en el sector alimentario?

Sí

No

4. ¿Tienes experiencia en el subsector lácteo?

Sí


No

Ant.

Sig.

5. Acorde con tu experiencia, ¿cuál es el principal origen de problemas en la industria? 

	Físico	Químico	Microbiológico	Gestión
Fabricación de bienes de consumo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación de alimentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Queserías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Definimos problema adoptado aquel que "se hereda" de los proveedores, problema generado al que "se produce" en los procesos bajo nuestro control y problema atribuido al que "se da" en etapas posteriores a la entrega a nuestro cliente. Según tu experiencia, ¿cuál sería el de mayor importancia según en tipo de industria? 

	Adoptado (procesos proveedores)	Generado (procesos propios)	Atribuido (procesos cliente)
Fabricación de bienes de consumo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fabricación de alimentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Queserías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>


7. En tu opinión, ¿percibe la Dirección de las empresas la relación de un Sistema de Gestión de Calidad con... 

	Ninguna relación	Relación escasa	Relación moderada	Fuerte relación	Totalmente relacionado
... la reducción en la frecuencia de aparición de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... la reducción del alcance de los problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... la mayor agilidad en la gestión de los problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... la no repetición de problemas pasados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... la reducción de costes de gestión?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ant.


Sig.

Problemas de fabricación y barreras en la implantación de sistemas de Gestión de Calidad


8. Según tu experiencia, ¿cuál es la principal barrera a la implantación de Sistemas de Gestión de Calidad? y ¿cuál sería la acción recomendada para romper dicha barrera? 

Barrera

Acción

9. Se presentan ordenadas alfabéticamente una lista de barreras identificadas en la implantación de Sistemas de Gestión, por favor, reordena de mayor a menor importancia según tu criterio 

☰	<input type="text"/>	Autoridad no suficiente del responsable de la Implantación	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Escasos recursos destinados a la Implantación	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Exceso de complejidad del Sistema	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Falta de compromiso de la Dirección	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Falta de formación del equipo interno responsable del Sistema	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Falta de implicación de las personas	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Falta de participación de todas las áreas	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Mala comunicación de los objetivos de la Implantación	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Resistencia al cambio	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Sobrecarga de trabajo rutinario	<input type="checkbox"/> No aplica

10. Se presentan ordenadas alfabéticamente una lista de acciones encaminadas al "derribo" de las barreras identificadas anteriormente, por favor, reordenalas según el orden cronológico de puesta en marcha que en tu opinión sería más efectivo 

☰	<input type="text"/>	Asignar personal dedicado al proyecto con conocimiento suficiente	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Asignar un líder de proyecto de implantación con autoridad suficiente	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Comunicar los avances desde el principio del proyecto	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Dar a conocer los resultados esperados	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Diseñar un sistema documental sencillo y fácil de actualizar	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Explicar la motivación del proyecto de implantación	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Formar a todo el personal en la metodología	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Implicar a todas las áreas de la organización	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Integrar en el modelo las aportaciones de todas las áreas	<input type="checkbox"/> No aplica
☰	<input type="text"/>	Otener la aprobación y apoyo de la Alta Dirección	<input type="checkbox"/> No aplica

Ant.

Listo

LICENCIA

Sobre la tesis

©Oscar J. Esteban 2017

Este trabajo ha sido realizado con base en las ideas y trabajos de muchas personas, *gigantes para mí todos ellos* (citados en los apartados de “Referencias, Fuentes y Bibliografía” y “Agradecimientos”). Se ha intentado citar, atribuir créditos y reconocer *copyright* siempre que ha sido posible. Si se detecta algún punto que deba ser añadido, modificado o eliminado, se puede contactar directamente con el autor (<https://www.linkedin.com/in/oscarjesteban/>).

Sobre elementos externos empleados

Todos elementos externos empleados se han reproducido con sendos permisos de los respectivos propietarios del *copyright* para el uso en la edición de esta tesis. Si realiza obra derivada de este trabajo se deberán obtener los permisos para la nueva obra.

Los iconos empleados en la Figura 8 son de [Freepik](#) desde www.flaticon.com

Los elementos marcados con © durante toda la obra pertenecen a sus respectivos propietarios mencionados a continuación de la marca ©.



32

³² Huellas descubiertas por Leakey & Hay en 1978 en Laetoli: tomado de Masao *et al.* (2016) <http://dx.doi.org/10.7554/eLife.19568.012>

