¿Conoces el microbioma de tu empresa y su efecto en la seguridad de tus alimentos?

Jon Basagoiti, Imagining Management Systems, S.L.U. (jonbasagoiti@yahoo.es)

Los microorganismos establecen distintos tipos de relaciones entre sí, que pueden ir desde la colaboración hasta la competencia. En las industrias alimentarias los microorganismos no compiten con el industrial, sino que aprovechan las oportunidades que los industriales les dejan para asentarse y desarrollarse.

En algunos casos, los microorganismos no patógenos y no alterantes forman la microflora característica de determinados tipos de producción, que colabora con el desarrollo de características identificativas de los productos: embutidos, quesos, bebidas fermentadas, pescados madurados enzimáticamente, etc. De esta microflora asentada en la industria depende la estabilidad de las características organoléptica de estos productos. Se puede afirmar que esta microflora colabora con el productor del alimento y, que de alguna manera, hay un cierto grado de dependencia del productor con respecto a ella.

PATÓGENO/ALTERANTE

EMPRESA	GANA	PIERDE
GANA	NO SE PRODUCE	OBJETIVO DESEADO
PIERDE	PROBLEMAS	NO SE PRODUCE

CONSUMIDOR

En el caso de los microorganismos patógenos y los alterantes no existe ninguna combinación de factores que favorezcan a los mismos que, a su vez, favorezcan al industrial. Todas las situaciones en las que el productor no compite de manera efectiva propician un entorno favorable para el desarrollo de estos microorganismos patógenos o alterantes.

Los microorganismos son oportunistas, si están presentes y encuentran la oportunidad apropiada pueden asentarse en las superficies o elementos del entorno y multiplicarse, mientras las condiciones se mantengan. Desde los puntos de multiplicación se diseminan a los productos u otras zonas.

Una vez dichas estas obviedades conocidas por todos, la realidad de muchas industrias alimentarias es que no siempre se tiene una sensación de control sobre esas condiciones. La aparición de resultados microbiológicos no deseados, o las reclamaciones o no conformidades por alteración de los productos son prueba de que no siempre se controlan estas condiciones de manera adecuada.

Es necesario que el operador de empresa alimentaria disponga de una "torre de control" desde la que sea capaz de identificar el acceso y el comportamiento de los microorganismos patógenos y alterantes en su instalación. Sus funciones serían las de:

1. detectar las vías de acceso de los microorganismos patógenos y de los microorganismos alterantes,
2. detectar los entornos o nichos ecológicos que se generan en la empresa y que son apropiados para la supervivencia y multiplicación de estos microorganismos, e
3. identificar las vías de diseminación de estos microorganismos a los productos o a los nuevos entornos de supervivencia y multiplicación.

Desde el Análisis Cuantitativo del Riesgo Microbiológico (QMRA), proponen la siguiente inecuación (inecuación QMRA, de aquí en adelante) para reflexionar en los aspectos que se deben considerar a la hora de controlar los peligros alimentarios y mantenerlos por debajo del nivel objetivo establecido, la fórmula es:

$$H_0 - \Sigma R + \Sigma I \leq FSO$$

es decir, la carga microbiana inicial de la materia prima (H_0) menos el sumatorio de reducciones aplicados en las distintas fases del proceso (ΣR), más el sumatorio de incrementos de carga microbiana (ΣI) debe ser igual o inferior al Objetivo de Seguridad Alimentaria (FSO) establecido para cada microorganismo patógeno de referencia (esta inecuación también es aplicable a otros peligros alimentarios como los químicos o los físicos).

Donde, además, en el componente sumatorio de incrementos (ΣI) incorpora dos tipos de motivos, los incrementos por contaminación con nuevos microorganismos (ΣI_C) en cantidad y/o en tipo, y los incrementos de los microorganismos presentes por crecimiento (ΣI_G), según la fórmula general:

$$\Sigma I = \Sigma I_G + \Sigma I_C$$

De manera que la fórmula final sería:

$$H_0 - \Sigma R + \Sigma I_G + \Sigma I_C \leq FSO$$

Esta fórmula, permite agrupar los eventos relacionados con los peligros alimentarios en cuatro grandes grupos. En mi opinión, esta fórmula revoluciona y simplifica la forma de pensar en las herramientas que habitualmente empleamos en el desarrollo de los sistemas de seguridad alimentaria. Aunque tradicionalmente, en el desarrollo del APPCC hemos relacionado las distintas etapas de los procesos con los distintos peligros mediante una fórmula que dice: "Presencia (H_0), Crecimiento (I_G), Supervivencia (R) o Contaminación (I_C) del peligro en esta etapa por esta causa", que relacionaría las etapas y el peligro con los cuatro conceptos de la inecuación QMRA, creo que no se ha hecho un enfoque integral en esta utilización.

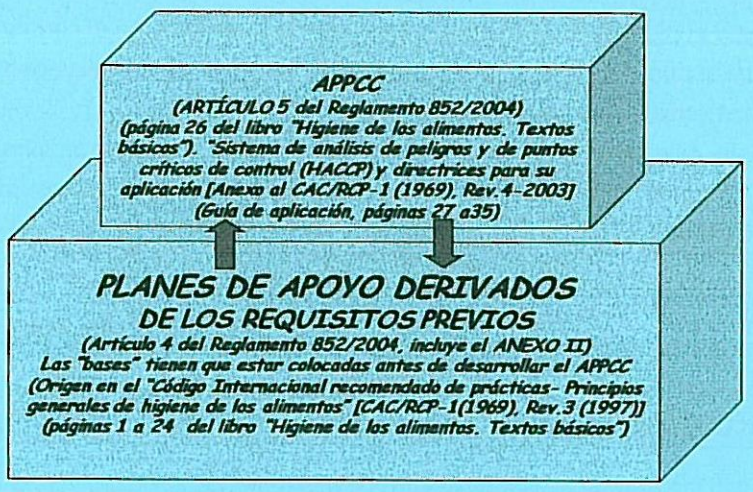
Siguiendo las directrices del *Codex Alimentarius* y los requisitos del Reglamento (CE) 852/2004 es habitual que los operadores alimentarios desarrollen las siguientes herramientas:

Documento	**Apartado**	**Apartado**
Codex Alimentarius	CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003)	Anexo a CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003)
Reglamento (CE) 852/2004	Artículo 4 y Anexo II	Artículo 5
Herramienta Desarrollada	Planes de requisitos previos	APPCC

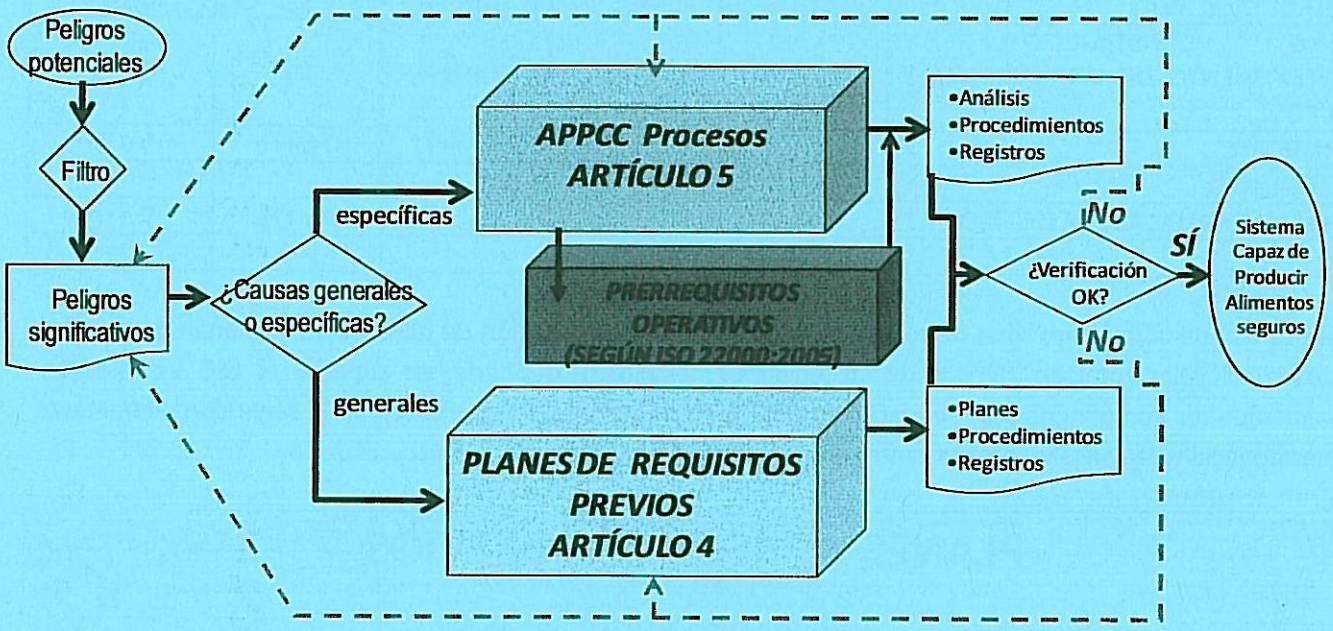
La finalidad del Reglamento es la de que los operadores alimentarios provean alimentos seguros para la salud de los consumidores. Ese objetivo global se debería conseguir en cada operador alimentario mediante el desarrollo de las herramientas apropiadas, cuya suma global:

PLANES DE PRERREQUISITOS + APPCC DE LOS PROCESOS = TODOS LOS PRODUCTOS SEGUROS

Estos dos bloques herramientas desarrolladas para cumplir con los respectivos requisitos del Reglamento se pueden representar así:



Pero para tener una visión más general y apropiada de la finalidad del sistema y de su desarrollo, se puede mejorar esta representación gráfica de la siguiente manera:



Pero por las características específicas de operador alimentario, unas y otras herramientas tendrán un peso específico diferente en la seguridad de los alimentos elaborados. Enfocando nuestra visión en los planes de requisitos previos podríamos ver que ese gran bloque de la base de la seguridad alimentaria, está compuesto por un conjunto de elementos individuales relacionados.

Estos elementos individuales que llamamos planes de requisitos previos, intentan evitar que lleguen a los alimentos los peligros alimentarios que podrían acceder a los mismos por vías diversas. Estos planes se pueden manejar de manera independiente, pero en el mejor caso, lo que van a conseguir va a ser no aportar carga adicional a los alimentos. Por el contrario, en el peor de los casos pueden ser fuente relevante de aporte de microorganismos a los alimentos.

Relacionando los planes de requisitos previos con los componentes de la inecuación de QMRA, podemos hacer la correspondencia que se incluye en la siguiente tabla, destacando que si los distintos planes de requisitos previos no están bien aplicados pueden afectar a cada uno de estos componentes. El significado de los símbolos de la tabla son los siguientes:

- ✓ el símbolo (-) indica que el plan de requisitos previos no tiene incidencia en el componente,
- ✓ el número 0 indica que sí puede tener incidencia, pero que si se gestiona adecuadamente no va a aportar microorganismos al alimento; y
- ✓ los símbolos + indican que pueden aportar una contaminación variable al alimento hasta un valor elevado, +++, que podrían hacer que un único plan de requisitos previos mal identificado, mal documentado o mal aplicado podría producir alimentos no seguros para la salud del consumidor.

$$FSO \geq H_0 - \Sigma R + \Sigma I_C + \Sigma I_G = RESULTADO$$

PLANES DE REQUISITOS PREVIOS HABITUALES	H_0	ΣR	ΣI_C	ΣI_G	RESULTADO
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	(-)	(-)	0 a +++	(-)	0 a ↑
AGUA	(-)	(-)	0 a +++	(-)	0 a ↑
FORMACIÓN	(-)	(-)	0 a +++	(-)	0 a ↑
MANEJO DE LOS DESPERDICIOS	(-)	(-)	0 a +++	(-)	0 a ↑
CONTROL DE PLAGAS	(-)	(-)	0 a +++	(-)	0 a ↑
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INTALACIONES Y EQUIPOS	(-)	(-)	0 a +++	(-)	0 a ↑
TRANSPORTE	-	-	0 a +++	0 a +++	0 a ↑
TRAZABILIDAD	-	-	-	-	-
MANTENIMIENTO CADENA DE FRÍO	-	-	-	0 a +++	0 a ↑
...					

De esta manera, si un único plan de requisitos previos o una combinación de ellos no se gestionan de manera adecuada, el valor total en algunas de las unidades de alimentos podría ser superior al FSO establecido. Relacionando los componentes de la inecuación con los dos grandes componentes de la seguridad alimentaria veremos que las relaciones más importantes son las siguientes:

PLANES DE REQUITOS PREVIOS

$$FSO \geq H_0 - \Sigma R + \Sigma I_C + \Sigma I_G = RESULTADO$$

APPCC

Con respecto a los procesos gestionados por el APPCC, existen diversos recursos disponibles en internet como www.Combase.cc (Combase, a partir de ahora) o http://pmp.arserrc.gov/PMPOnline.aspx (PMP, a partir de ahora), que sobre todo tratan los aspectos relacionados con las reducciones (ΣR) o supervivencias y los crecimientos (ΣI_G) en función de las características de los productos. En estos recursos hay poca información relativa al componente de contaminación (ΣI_C), en la página de PMP hay un modelo de transferencia de listeria desde una máquina loncheadora al producto loncheado, para dos productos: salmón y un producto cárnico cocido (deli meat). De todos los modelos este es el único que hace referencia a alguno de los planes de requisitos previos, yo lo relaciono con el de "Limpieza y Desinfección", por los microorganismos que se han quedado a residir y a crecer alojados en la máquina de loncheado, probablemente en forma de biofilms.

Desde el punto de vista de los microorganismos en las industrias alimentaria, podemos distinguir dos grandes grupos, y otro grupo intermedio entre ambos:

- ✓ Los microorganismos circulantes: podemos asociarlos con el concepto H_0 de la inecuación QMRA, son los que proceden con la materia prima, pueden presentarse con alta diversidad de microorganismos y con elevadas cargas. En general, los procesos productivos están dimensionados para contrarrestar su presencia y conseguir reducciones apropiadas en las cargas de estos microorganismos. No necesariamente son muy competitivos con los microorganismos residentes, y por tanto no siempre consiguen desplazar a los que históricamente se han asentado en los equipos e instalaciones.
- ✓ Los microorganismos residentes: son los microorganismos que han encontrado oportunidades para alojarse de manera permanente en la instalación o en los equipos. Algunos de los microorganismos que en algún momento de la historia de la instalación productiva han llegado con la materia prima, o estaban presente en el entorno o han llegado con algún vector intermitente presente en el entorno, han sido capaces de aprovechar las condiciones existentes en la empresa, muchas veces creadas por los propios procesos de producción, equipos y los entornos de proceso, para asentarse y crear biofilms o tapetes, cuya detección y eliminación son difíciles y aportan una contaminación más o menos permanente en proporción de producto contaminado y en tipo de microorganismos en cada producción realizada.
- ✓ Los microorganismo intermitentes: son aquellos que pueden aparecer de manera más o menos intermitentes, en función de los vectores que los portan y de su presencia en el entorno alimentario, se pueden incluir aquí como vectores las plagas, los manipuladores permanentes, las presencias menos frecuentes (personas de calidad, mantenimiento, inspección, visitas, etc.).

Para algunos elementos de la inecuación QMRA se dispone de muchos datos durante la producción, como los datos provenientes de los procesos térmicos de elaboración, con los que se puede tener muy buena información sobre el efecto en los microorganismos patógenos o alterantes; y, obtener buenas conclusiones sobre el resultado de ese proceso y la seguridad de esos productos. Pero no siempre se dispone de información apropiada de los otros componentes de la inecuación QMRA; por ejemplo, desde la carga inicial de microorganismos de las materias primas hasta los factores de crecimiento (ΣI_G) y, sobre todo, los factores de contaminación (ΣI_C), en parte por la gran diversidad de sus posibles orígenes. A partir de un resultado microbiológico no previsto (o de un brote) es muy difícil encontrar la causa real. Durante la ponencia discutiremos el caso de un brote en un famoso restaurante internacional, a partir de la información públicamente disponible.

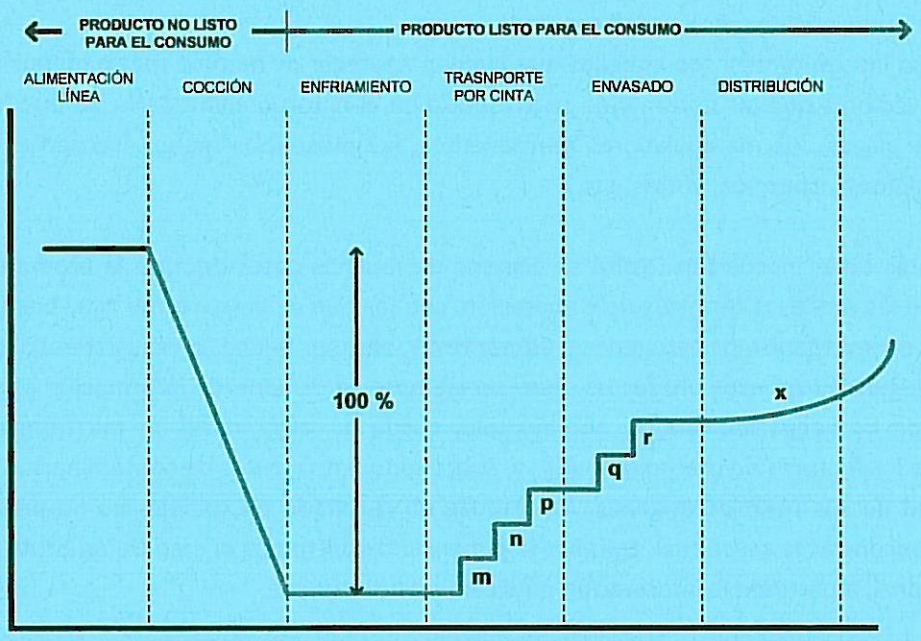
Volviendo a la "torre de control", esta figura en el operador alimentario debería ser capaz de obtener, agregar y analizar información de distintas fuentes para poder conocer con precisión la situación real de lo que ocurre con las cargas microbianas durante el proceso de producción, durante los procesos de limpieza y desinfección y durante las horas en las que el proceso está detenido, como en las paradas intermedias durante la jornada laboral y en las paradas por ausencia de producción.

Por ejemplo, para las cargas microbianas residentes en la instalación, rara vez se dispone de un mapa de densidad que permita visualizar los puntos débiles de la instalación, donde se han podido alojar estas poblaciones. Estos puntos, por lo tanto, requieren una atención especial en la limpieza y desinfección, así como en la confirmación de que estos procesos se han realizado con efectividad. Trasladando el ejemplo al control de las plagas, la mayoría de las empresas disponen de registros de visita del subcontratista, pero no acaban de hacerse una buena imagen de los puntos débiles de la instalación con respecto al acceso o al alojamiento de las plagas, y por tanto de las medidas que debería tomar para evitar los eventos producidos por las mismas. Algunas empresas desarrollan un mapa de densidad de población con los datos de los que disponen, les permite visibilizar la situación real y proponer acciones más dirigidas y muy probablemente más efectivas para eliminar los incidentes con las plagas.

Para elaborar un mapa de densidad es preciso disponer de un volumen de información mayor del que se suele disponer habitualmente en las empresas.

Este tipo de herramientas no son estrictamente necesarias, y en algún tipo de industria no serían precisas, como en una industria conservera. El desarrollo de herramientas de este tipo sería más apropiado, por ejemplo, en los establecimientos alimentarios en los que el producto circula desprotegido una vez que ha pasado las etapas en las que se produce la reducción de las cargas microbianas, o en los procesos de manipulación de productos listos para el consumo no envasados.

Durante la presentación veremos algunos modelos de comportamiento de las cargas microbianas en función del tipo de proceso del establecimiento. Como ejemplo, se incluye un proceso en el que el producto es tratado térmicamente y enfriado antes de su envasado, la gráfica del proceso con respecto a los factores de la inecuación QMRA y a los microorganismos patógenos vegetativos (esta gráfica no sería adecuada para los microorganismos patógenos que generan esporas). El modelo sería:



1. A la salida del proceso de cocción, si se han respetado los tiempos y temperaturas de cocción, el 100 % del producto estaría libre de patógenos vegetativos, incluida *Listeria*;
2. Se identifican con las letras m, n, p, q y r, posibles puntos de alojamiento de microorganismos residentes, donde podría estar presente *Listeria* y, por lo tanto, podrían convertirse en puntos desde donde se aportaría este microorganismo al alimento listo para el consumo, de manera que el porcentaje de producto libre de *Listeria* (%PLL) sería: %PLL = 100 – m – n – p – q.
3. Una vez que los productos están envasados, el factor X indicaría las posibilidades de crecimiento de *Listeria* en función de los parámetros físico-químicos del producto y del tiempo y de la temperatura de almacenamiento del producto hasta su consumo por parte del consumidor.

Durante la presentación, se verá algún modelo más que refuerce la necesidad de conocer el comportamiento de los microorganismos patógenos y alterantes en los entornos de producción de los operadores alimentarios. Esta modelización de los procesos serviría para que los operadores alimentarios tomen las decisiones adecuadas de cómo actuar y conseguir que los productos elaborados sean siempre seguros. Y que en esa competición entre microorganismos y operadores y consumidores, pierdan los microorganismos patógenos y ganen el operador alimentario y el consumidor.