

LA INGENIERÍA ALIMENTARIA  
EN SUS ENCRUCIJADAS

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA

LA INGENIERÍA ALIMENTARIA  
EN SUS ENCRUCIJADAS

DISCURSO DEL ACADÉMICO ELECTO

**EXCMO. SR. D. JAIME CONDE ZURITA**

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN PÚBLICA  
EL DÍA 28 OCTUBRE DE 2008

Y CONTESTACIÓN DEL ACADÉMICO

**EXCMO. SR. D. ENRIQUE CERDÁ OLMEDO**



SEVILLA MMVIII

Editado por la Real Academia de Ingeniería

© 2008, Real Academia de Ingeniería

© 2008 del texto, Jaime Conde Zurita y Enrique Cerdá Olmedo

ISBN: 978-84-95662-25-5

Depósito legal: M-xxxxxxx-2008

Impreso en España

## ÍNDICE

PRESENTACIÓN .....	7
PLANTEAMIENTOS .....	11
Lo específico de la ingeniería alimentaria .....	11
Alimentos naturales y productos alimentarios .....	11
Siete principios que fundamentan la ingeniería alimentaria .....	12
La industria alimentaria .....	14
Desarrollo histórico .....	14
Posición de la industria alimentaria española y sus ramas de actividad ...	16
ENCRUCIJADAS .....	19
Sociedades de consumo, mercados de compradores .....	19
Lo útil frente a lo estimulante .....	21
Nutrición y gastronomía .....	25
Lo natural y lo nutracéutico .....	26
El valor de las marcas .....	27
La sociedad de la abundancia, un objetivo planetario .....	30
Las cadenas de valor y sus paradojas .....	31
Reducción de los costes, aumento de la competitividad .....	33
Rupturas y cataclismos en las cadenas de valor .....	36
El I+D+i y los caminos de la innovación .....	39
La investigación en la industria alimentaria .....	40
El ABC del desarrollo de nuevos productos y procesos .....	41
La innovación industrial como cultura empresarial .....	42
La imaginación al poder .....	43
REFLEXIONES .....	45
La técnica vista por los filósofos .....	45
La visión de la técnica en Ortega y Gasset .....	45
Consecuencias sociales de la revolución tecnocientífica .....	48
Sloterdijk y su propuesta de domesticación democrática .....	50

El ingeniero de nuestro tiempo y sus necesidades de formación .....	52
El ingeniero como optimizador .....	52
La formación del ingeniero alimentario .....	53
Desafíos de la ingeniería alimentaria .....	56
Sostenibilidad del sector agroalimentario .....	56
Ingenieros generalistas para la pequeña empresa alimentaria .....	58
Apertura a lo revolucionario de la tecnociencia .....	60
CONCLUSIÓN .....	62
REFERENCIAS .....	63
CONTESTACIÓN .....	65

## PRESENTACIÓN

Excmos. señoras y señores Académicos, señoras y señores:

Debo expresar lo honrado que me siento al recibir la medalla nº 16 de esta Real Academia de Ingeniería, la cual me llega de su portador hasta el momento, don Enrique Sánchez-Monge, hoy Académico Emérito, que fue mi profesor de Genética en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid. Quisiera destacar el rigor y la claridad de su enseñanza, con los que consiguió atraer hacia la biología experimental a otros hoy ilustres compañeros de esta Academia. Aquellos años sesenta no eran fáciles; faltaban muchas cosas en la Universidad española, y los contactos con el mundo científico internacional eran escasos. En la Escuela de Agrónomos enseñaban dos buenos científicos que hacían investigación biológica. A don Enrique ya he hecho referencia. El otro era don Juan Santamaría, taxonomista de levaduras, dotado de ese carisma que tienen algunos maestros para entusiasmarlos con lo que enseñan, que me condujo a mí hacia mi primer trabajo en la industria cervecera.

Desde entonces hasta hoy he recorrido un largo camino, en la investigación científica, la enseñanza universitaria, la ingeniería alimentaria y la gestión empresarial. Empecé mi carrera como microbiólogo especializado en levaduras cerveceras, sabiendo mucho de muy poco. Hace tiempo que avanzo en una dirección en la que voy sabiendo cada vez menos de cada vez más. Dedicaré ahora unas líneas a evocar a aquellas personas que más me han enseñado y apoyado en el curso de mi vida profesional.

Empezaré por los cerveceros. El profesor Jean de Clerck, creador de la carrera de ingeniero cervecero en la Universidad de Lovaina y fundador de la Convención Cervecera Europea, fue asesor de La Cruz del Campo durante años en los que tuve la oportunidad de aprender muchas cosas de él. Discípulo suyo y director técnico de La Cruz del Campo a lo largo de veinte años fue Xavier van den Bogaert, que me enseñó casi todo lo permanente que sé de la cerveza. La marca fundamental de su carácter

era la probidad, unida al rigor con que un flamenco belga de Brabante se toma las cosas del trabajo. Lo recuerdo todas las mañanas, en su despacho, inmediatamente después de haber dado la vuelta diaria por la fábrica, añadiéndole a su vaso de cerveza dos o tres cucharadas de levadura cervecera, explicándome lo saludable que era esta práctica, habida cuenta de la gran riqueza vitamínica de la levadura. A través de Xavier me llega el recuerdo de los muchos trabajadores de La Cruz del Campo que me distinguieron con su amistad, empezando por los viejos contra maestros, que a mí, joven ingeniero recién llegado a la fábrica, me acogieron como un hijo y me enseñaron muchísimas cosas, tantas o más que las que yo pude enseñarles a ellos. Eran en su mayoría hombres muy inteligentes, que no habían tenido la oportunidad de recibir una instrucción reglada, pero que tenían un afán de aprender que raramente he visto después en otros más afortunados. Desde ellos, extendiendo mi recuerdo agradecido a los muchos otros compañeros y amigos que he tenido en La Cruz del Campo, los cuales hicieron agradable mi vida en aquella empresa, única en tantos aspectos.

Evocaré ahora a mis maestros en el campo de la gestión empresarial. En primer lugar, José Ruiz de Castroviejo, ingeniero agrónomo como yo, que fue director general de La Cruz del Campo durante los años en que pasó de ser una cervecera local al primer grupo cervecero español. Ejerció siempre un liderazgo basado en la prioridad por las personas. Decía, con fino sentido del humor cordobés, que el principio de gestión que mejor nos iba a los andaluces era el de la "indisciplina controlada", que permitía un amplio margen de autonomía en el trabajo diario, dentro de un marco de directrices sencillo, basado en lo esencial para el éxito. También debo recordar a Rob Hermans, el consejero delegado que Guinness envió para dirigir el Grupo Cruzcampo después de haberlo adquirido. Holandés y hombre de *marketing*, profundo conocedor de Europa, entusiasta de la aviación, pasó su infancia en la isla de Java que todavía era holandesa, preso con su madre en un campo de concentración japonés, durante la II Guerra Mundial. Su personalidad era singular y entrañable. Él me introdujo en los secretos de la planificación estratégica, responsabilidad que había ejercido en Guinness antes de venir a España. Estaba convencido de que lo más importante en la gestión de una empresa era adquirir la perspectiva necesaria para impulsar la innovación. Cuando empezamos a desarrollar planes estratégicos, que eran en aquel contexto enormes proyectos de

cambio, me decía: "Jaime, es necesario que te subas a tu avioneta virtual, que la pilotes hasta adquirir altura suficiente para ver el panorama completo de los problemas que tenemos que resolver; y que cuando aterrices le cuentes con claridad a tus compañeros lo que has visto, y lo discutas con ellos".

Y puesto que no sigo en estas evocaciones imprescindibles un orden temporal, dedicaré ahora unas líneas a los hombres de ciencia que, siendo amigos míos, me enseñaron además cosas permanentes. Empezaré por Gerald Fink, con el que trabajé en genética de levaduras en la Universidad de Cornell, hombre brillantísimo, que se movía en esa línea tan americana de que más vale hacer cien experimentos razonablemente bien planteados que diez perfectos, dado que las ideas en sí mismas valen poco, pues no son sino una materia prima para la obtención de resultados experimentales consistentes. Él me enseñó que todo lo que el científico sea capaz de formular como una pregunta inteligente a la naturaleza debe inmediatamente convertirse en un experimento, sin perseguir utilidad alguna, sino por el simple gusto y deber de hacerlo, una visión esta, por cierto, incomprensible para muchos. También tengo que recordar a Carlos Gancedo, que ha tenido siempre a gala seguir considerándose un enzimólogo, y que organizó conmigo durante algunos años cursos de biología molecular de levaduras; es el científico que he conocido que mejor representa los ideales de Santiago Ramón y Cajal, de servicio a la ciencia desde un compromiso integral, casi religioso, con ella. Por último, no puedo dejar de mencionar a alguien bien conocido en esta ilustre Academia, Enrique Cerdá. Fue siempre mi mentor científico, capaz de comprometerme en muchas aventuras intelectuales. Todos conocemos su categoría como investigador; y sin embargo, la lección más importante que he aprendido de él, a lo largo de muchos años de verlo actuar en la Universidad de Sevilla, ha sido la de su generosidad, que le ha llevado a dedicar buena parte de su vida profesional a enseñar buena ciencia, a formar buenos científicos, como el objetivo más importante que un investigador español de talla, reconocido internacionalmente como él, tenía que cumplir.

Finalmente, haré una referencia a la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. He tenido la oportunidad de comprenderla como científico y tratarla a la vez como cervecero. De conocer sus secretos identitarios y sentir en otros momentos su frescura, su presencia vital cerca de mí. En el laboratorio la

he estudiado como un sistema modelo, a distancias microscópicas y bioquímicas de mí. Pero en la fábrica de cervezas la he visto hacer rebosar de espuma grandes tinas de fermentación, he tenido entre mis manos su masa cremosa y aromática, he visto cómo las mujeres del barrio venían hasta el laboratorio para llevarse una cantarita de levadura viva, que aplicaban a la piel como una crema cosmética o al pecho para destetar a sus bebés gracias al amargor que la levadura cervecera tiene. De modo que siendo un microorganismo tan ilustre desde el punto de vista científico, también ha sido para mí un compañero y hasta un amigo durante toda mi vida profesional, y ésta es una experiencia que no todo el mundo tiene, de la que me siento orgulloso.

Terminaré agradeciendo a mi mujer y mis hijos la paciencia que han tenido conmigo, soportando mis enciclopédicas ambiciones y apoyándome en todo lo que he emprendido.

## PLANTEAMIENTOS

### Lo específico de la ingeniería alimentaria

#### *Alimentos naturales y productos alimentarios*

Los objetivos de la ingeniería alimentaria son descubrir, diseñar, implantar y gestionar mecanismos y procesos que transformen alimentos naturales, es decir, materias primas de origen biológico, en productos alimentarios. Éstos se diferencian de aquellos en que:

- Su naturaleza y utilidades difieren de las correspondientes a los alimentos naturales de origen. A veces profundamente, como en el vino respecto a la uva, el queso respecto a la leche o la cerveza respecto a la cebada.
- Tienen **estándares de calidad**, es decir, especificaciones sobre su composición química y física que están sometidas a sistemas de control estadístico.
- Tienen **garantías de conservación**, expresadas en una durabilidad o fecha de caducidad determinada, que se muestra en sus envases.
- Se expenden en formatos de **dimensiones normalizadas**.
- Se comercializan a través de poderosos **sistemas de distribución**, que los llevan desde la planta de producción hasta el nivel capilar del punto de venta al público.
- El comprador final es el **consumidor**. La interacción de éste con el fabricante es indirecta, intermediada por los distribuidores y soportada por las marcas y el *marketing*.

Aunque algunas de estas características las comparte el producto alimentario con cualquier producto manufacturado de consumo directo, otras le son específicas. Así, el producto alimentario suele ser un bien de consumo inmediato y total, que se destruye al ingerirlo en el acto de consumo. Tiene una gran complejidad química y biológica, consecuencia de su origen orgánico, lo que dificulta su definición y manejo. Y su relación con el consumidor es peculiar, pues en ella intervienen no sólo factores

de utilidad, calidad y precio, sino hedónicos y de fantasía, a causa de sus efectos directos sobre los sentidos del olfato y el gusto, y sobre las memorias olfativas a largo plazo.

### *Siete principios que fundamentan la ingeniería alimentaria*

Las actividades que la ingeniería alimentaria ejerce sobre los alimentos naturales para convertirlos en productos alimentarios, se fundamentan en siete grandes principios:

- Según el principio de **Conservación**, los alimentos crudos tienen una tendencia natural a degradarse, mediada por otros organismos o por mecanismos de autólisis. Hay que preservarlos de estas acciones destructivas. La forma más universal de hacerlo es impidiendo la acción degradativa microbiana por tratamientos térmicos, como la pasteurización o la esterilización. También hay otros conservantes, físicos como la presión osmótica o químicos como el etanol y algunos ácidos orgánicos. Así como procedimientos de neutralización de otros agentes degradativos importantes, tales como el envasado en ausencia de oxígeno o la adición de antioxidantes para prevenir la oxidación, y la refrigeración para controlar la autólisis o la congelación para impedirla.

- El principio de **Transformación** expresa el hecho de que muchos alimentos crudos requieren de una transformación bioquímica profunda antes de ser utilizados en la alimentación humana. Las tres líneas de transformación más importantes son: la culinaria, que mediante hidrólisis térmica aumenta la digestibilidad de los alimentos, destruyendo además posibles agentes infecciosos; la panadera-galletera, que hidroliza específicamente y de modo parcial el almidón; y la fermentativa, que convierte bioquímicamente azúcares en ácidos o alcoholes, resultando en derivados lácteos o bebidas alcohólicas, en los que el alimento original ha desaparecido y el producto alimentario está dotado de propiedades radicalmente nuevas.

- El principio de **Salubridad** obliga a garantizar que ni en los alimentos naturales de origen ni durante el proceso de fabricación, se introducen prácticas o componentes insalubres en los productos alimentarios. De la aplicación de este principio surge el concepto de trazabilidad, que obliga

a conocer los pormenores de todo el proceso que un producto alimentario ha seguido desde el alimento de origen hasta la compra del producto terminado por el consumidor final.

- El principio de **Nutrición** parte del reconocimiento de que el valor más importante incorporado en un producto alimentario es el nutritivo, asegurando que se preserve en todo lo que sea posible el valor nutritivo del alimento crudo original, o que se lo complemente si ello es necesario.

- Según el principio de **Conveniencia**, el producto alimentario debe aportarle al consumidor todo lo que necesita en términos de grado de elaboración, tamaño de porción y facilidad de uso.

- El principio de **Placer** obliga a mantener o incluso potenciar en el producto alimentario la función de placer que los alimentos naturales tienen. Esto requiere una explicación. La presencia de una función hedónica resulta de la conveniencia fisiológica de que la ingestión de los alimentos, necesaria para nutrirse y mantenerse sano, se vea remunerada en el individuo que come con dosis acompañantes de placer. Éste depende principalmente de sensaciones olfativas, aunque también de sabor y tacto, que se transmiten muy directamente a zonas del neocórtex que a su vez están asociadas con memorias complejas y de largo plazo<sup>1</sup>. Recuérdese, por poner un ejemplo sencillo, lo poco apetecible que puede resultar para una persona sometida a un régimen bajo en sal la ingestión obligada de alimentos sosos. Estas funciones hedónicas, que son de naturaleza biológica, pueden asociarse con fenómenos de naturaleza cultural, que resultan en fantasías positivas capaces de reforzar aún más el premio neural recibido por la ingestión de determinados alimentos. Dichas apreciaciones culturales facilitan la aceptación de los alimentos más asequibles en la región en que un grupo cultural vive, como la grasa animal en los esquimales del Ártico, o de los que se corresponden con las creencias religiosas de ese grupo, como el bacalao, y más en general el pescado, en los países de tradición católica. Se adquieren a través de la educación, que enseña a los niños desde muy pequeños a asociar la ingestión de determinados alimentos con sentimientos positivos. Y todavía se puede llegar más lejos: en algunos productos alimentarios, la función nutritiva ha sido completamente desplazada por una función principal que es hedónica, buscándose en su ingestión simplemente satisfacción, o alegría de vivir, como puede ser el

caso de las bebidas alcohólicas, que incluso llegan a cumplir, desde la más remota antigüedad, una función socializadora.

- Finalmente, el principio de **Neutralidad Ambiental** obliga a que todo el ciclo de vida de un producto alimentario, desde el acopio de sus materias primas hasta el consumo final, deba arrojar un balance cero de residuos no degradables.

Sobre la base de estos principios, la ingeniería alimentaria se enfrenta con sus problemas técnicos, que se engloban en las siguientes áreas:

- **Materias primas:** desarrollando las capacidades para evaluar, seleccionar, acopiar y almacenar los alimentos que va a procesar.
- **Procesos:** inventando, diseñando y gestionando los mecanismos y métodos que van a convertir los alimentos en productos alimentarios.
- **Distribución:** dado que la duración de vida de un producto alimentario es siempre limitada, gestionando su distribución de modo que el producto alimentario no pierda en el curso de la misma ninguna de sus cualidades de origen.

## La industria alimentaria

### *Desarrollo histórico*

A efectos de claridad expositiva, podemos distinguir cuatro grandes etapas:

La **agraria** arranca de la revolución neolítica y se prolonga en muchos grupos humanos hasta nuestros días. Inicialmente los hombres cazan y pastorean, además de proteger al grupo de sus enemigos, mientras que las mujeres cultivan la tierra y cocinan los alimentos, además de engendrar y criar a los hijos. Los focos principales de tecnología alimentaria están en el almacenamiento de los granos, que consiste en una simple preservación física del ataque de los roedores, y en la utilización del fuego para cocinar; de cuyas técnicas sabemos muy poco, y del humo para preservar los alimentos ricos en proteínas, como la carne y el pescado.

La **artesanal** se inicia en los grandes imperios agrícolas del Creciente Fértil, desde Egipto hasta Babilonia. Por primera vez aparecen artesanos de-

dicados a la fabricación del pan y la cerveza, posteriormente el vino, mientras que los fermentados con base láctea, más fáciles de hacer y por lo tanto no necesitados de especialización, siguen en manos de las mujeres. Se prolonga esta etapa hasta los albores de la Revolución Industrial, desarrollándose y diversificándose mucho. Aparecen las conservas de carne, los embutidos, para las que se utilizan preservativos naturales antimicrobianos, muchos de ellos emparentados con las especias. También se usa la sal para la conservación de los alimentos. La panificación se desarrolla, con la aparición de la galleta, un pan doblemente cocido que facilita mucho las grandes navegaciones oceánicas ligadas a la época de los descubrimientos. Se adaptan al cultivo en climas templados muchos alimentos de origen americano. Durante muchos siglos la mayoría de los productos alimentarios artesanales pasan directamente del fabricante al consumidor:

La **industrial** nace con la máquina de vapor, que da origen a las fábricas, y culmina en la segunda mitad del s. XX, tras la terminación de la II Guerra Mundial. A medida que van mejorando tanto la distribución como la durabilidad del producto alimentario, los mercados se hacen más grandes y los fabricantes también, de modo que éstos se van alejando físicamente de los consumidores, surgiendo la figura intermedia de los distribuidores y como consecuencia las marcas, que permiten tender un puente sobre estos últimos y mantener en contacto a consumidores con fabricantes. En los comienzos de este período tienen lugar avances técnicos importantes, como los ligados a Pasteur o la puesta a punto de las conservas por Appert. Casi a su final empieza a desarrollarse el mundo de los electrodomésticos (refrigerador doméstico, horno de microondas, cocinas eléctrica o de gas, etc.), que facilitan mucho la manipulación de los alimentos en el hogar y liberan a la mujer de una importante carga de trabajo doméstico, resultando en el comienzo de una revolución social que terminará, mediada también por otras innovaciones tecnológicas, en la igualdad jurídica de los dos sexos, y de una revolución económica que resultará en una duplicación de la fuerza de trabajo disponible. Hacia los finales de esta etapa se hacen progresos muy importantes en la ingeniería alimentaria. La ingeniería de procesos, fruto de las necesidades químicas y de antibióticos puestas de manifiesto por la II Guerra Mundial, hace posible el diseño de grandes plantas de fabricación de productos alimentarios. El frío industrial es otro gran avance algo anterior. También se inicia la compleja investigación de la composición de los alimentos, gracias a los avan-

ces de la instrumentación analítica química y bioquímica, así como de la química orgánica. Y se inician las técnicas del envasado en grandes series a grandes velocidades, resultante de los avances en la ingeniería mecánica.

La **postindustrial** es la que actualmente vivimos, en la que el protagonismo técnico se desplaza hacia la electrónica, la informática, la biología molecular y muy pronto la robótica doméstica. El énfasis pasa de las transferencias de materia y de energía a las de información. Las marcas se consolidan como referencia principal de los productos alimentarios, pero sufren simultáneamente crisis importantes. Son ellas las que posibilitan el establecimiento de un diálogo entre fabricantes y consumidores y las que recogen una serie de valores de progreso técnico y consistencia que se les van agregando con el paso del tiempo. También son puestas en cuestión, de modo que sólo sobreviven las más fuertes o las más singulares, capaces de insistir sobre valores típicamente marquistas como son la calidad y la innovación, diferenciándose así de las *commodities*. En la etapa postindustrial se profundiza la sociedad de consumo, hasta el punto de que bien podría ser llamada etapa de mercados de compradores, pero de esto hablaré más tarde.

#### *Posición de la industria alimentaria española y sus ramas de actividad*

<b>Subsector industrial</b>	<b>Cifra de negocios</b>
Alimentación, bebidas y tabaco	15%
Metalurgia y productos metálicos	13%
Material de transporte	12%
Energía y agua	10%
Química	8%
Extractivas y del petróleo	8%
Productos minerales no metálicos	6%
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	5%
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	5%
Maquinaria y equipo mecánico	5%
Textil, confección, cuero y calzado	4%
Caucho y materias plásticas	3%
Industrias manufactureras diversas	2%
Madera y corcho	2%

La industria alimentaria ocupa el primer lugar entre los subsectores industriales españoles, como puede verse en la tabla anterior, donde figura la contribución porcentual de cada subsector de la industria española a la cifra de negocios del sector industrial total, en el año 2006<sup>2</sup>.

Dentro de la industria alimentaria española, las diferentes ramas se clasifican a continuación según los criterios usados por el INE y Eurostat. Ordenadas según su participación porcentual a las ventas netas a precios de salidas de fábrica, expresadas en millones de euros<sup>3</sup>, en el año 2006, sus posiciones relativas eran las siguientes:

Rama de actividad	Ventas netas
Industria cárnica	20%
Bebidas alcohólicas	13%
Industrias lácteas	11%
Piensos	9%
Grasas y aceites	8%
Conservas vegetales	8%
Panadería y pastelería	8%
Aguas minerales y bebidas analcohólicas	6%
Varios	5%
Industria pesquera	5%
Azúcar, cacao y chocolate	4%
Molinería	3%

La industria alimentaria española ocupa un lugar destacado dentro de la industria total, una situación que también se da en la mayoría de los países industriales. Y es que la gente, que vive en ciudades, antes que cualquier otra cosa, tiene que comer. Las distintas ramas de actividad de la industria alimentaria difieren mucho unas de otras en naturaleza y estructura, lo que se pone de manifiesto en cualquier índice que se analice<sup>4</sup>. Esto depende de muchos factores, entre los que destacan el tamaño medio de la unidad industrial, el grado de tecnificación de la industria, el peso del coste de las materias primas sobre el valor total de la producción, etc. Así, mientras las fábricas españolas de cerveza y licores generaron en 2006 un valor añadido por persona ocupada de 134.130 euros, las bodegas de vino sólo llegaron a los 69.350 euros, y las industrias cárnicas a los 39.220 euros. De manera que cualquier generalización a nivel del conjunto del sector alimentario debe hacerse con mucha cautela.



## ENCRUCIJADAS

### Sociedades de consumo, mercados de compradores

Los productos alimentarios se venden en mercados a los que concurren los fabricantes como vendedores y los consumidores como compradores finales. Los organizadores de estos mercados son los distribuidores, que compran a los fabricantes y venden a los consumidores, desempeñando un papel de intermediación.

Cuando la distribución todavía no existe, los fabricantes se relacionan directamente con los consumidores finales. En estas condiciones, la evolución de las compraventas de cualquier producto alimentario en períodos suficientemente largos de tiempo mostraría una cinética ondulatoria, un tren de ondas desiguales al que podríamos ver como una concatenación de curvas en campana. Cada una de estas campanas, cuyo eje de abscisas es el tiempo y de ordenadas el volumen de ventas, muestra fases de arranque, crecimiento sostenido, desaceleración, saturación y decrecimiento de las compraventas. Todos los tramos de estas campanas en los que la pendiente es positiva pueden definirse como mercados de vendedores, pues en ellos las compraventas crecen, lo que significa en la mayoría de los casos que la demanda es mayor que la oferta y son los vendedores quienes fijan los precios. Aquellos en los que la pendiente es negativa corresponden a mercados de compradores, en los que la oferta es mayor que la demanda y son los compradores quienes lo hacen.

Si introducimos distribuidores en una fase de mercado de vendedores, se producen efectos inicialmente beneficiosos para los compradores, porque se intensifica la competencia en precios entre los vendedores, ya que la presión negociadora de un distribuidor es mayor que la de los muchos consumidores individuales a los que sirve. Cuando los distribuidores aumentan en número, compiten a su vez más y más entre sí y se van eliminando los menos eficientes. En esto ha consistido la revolución de los supermercados e hipermercados. A medida que este estado de cosas evo-

luciona, el riesgo de situaciones oligopolísticas por parte de los grandes distribuidores aumenta.

A partir de la segunda mitad del s. XX, la demanda de muchos productos alimentarios ha ido alcanzando su saturación, como consecuencia de los incrementos de producción y el estancamiento demográfico. Los mercados se han hecho de compradores, cuya demanda es cada vez más selectiva y exigente, alcanzando a veces perfiles de caprichosa. La oferta de los fabricantes ha tenido que irse cualificando más y más, en la dirección de ir aumentando su competitividad y su capacidad de innovación.

Estos procesos se han ido acelerando. Lo que inicialmente fue una sucesión no solapante de campanas, se nos aparece hoy como una vertiginosa película cuyo estado medio es el de alto volumen de producción de una variedad enorme de mercancías, alto volumen de ventas y de consumo, y alta tasa de recambio de los participantes en esta fiesta: nuevos productos sustituyen a los más antiguos, los fabricantes se reorganizan a gran velocidad, entrando y saliendo del mercado, concentrándose o diversificándose. También los consumidores cambian velozmente sus gustos y preferencias de compra. Ésta es la sociedad del hiperconsumo, en la que todos los concurrentes están satisfechos y que va extendiéndose como una gota de aceite por todo el mundo, llevada por un movimiento globalizador de su paradigma. Las consecuencias de esta situación para el ingeniero alimentario son profundas. En la sociedad de hiperconsumo lo mejor no viene ya propuesto por el ingeniero, sino que es determinado por el consumidor. Para el ingeniero lo mejor será siempre lo más racional y útil, pero para el hiperconsumidor lo mejor es lo más deseable, fantástico y divertido, que cambia además continuamente en función de la muy dinámica evolución social. En esas sociedades opulentas, ya no es tan prioritario hacer los caminos y puentes que faltan, porque son pocos, ni curar las enfermedades más terribles, porque están vencidas, ni producir, conservar y distribuir los alimentos necesarios para sobrevivir; porque sobran la comida y la riqueza. Sino darle sentido a una vida de urbanitas, prisioneros en grandes ciudades, a través del entretenimiento, obtenido mediante la información y la fantasía, y del bienestar corporal, que depende de la medicina preventiva y los hábitos de vida.

Aunque algunos la critican por irracional, esta situación no es catastrófica, ni siquiera es mala. De hecho, en toda la historia del mundo no ha habido una

época en la que el individuo humano haya tenido tantas posibilidades de ser razonablemente feliz. Y si bien el hiperconsumidor puede considerarse, viéndolo despectivamente, como un hombre masa, no todos los individuos son hiperconsumidores, ni éstos lo son durante las veinticuatro horas del día. Hay mucho sitio y bastante tiempo en este mundo opulento para el desarrollo de los valores clásicos, para la generosidad, la cultura, hasta para el heroísmo. Lo vemos todos los días. Pero una cuestión preocupante es que este mundo hiperconsumista marcha a su aire, escapa a cualquier tipo de control que no sea el ciego autocontrol del mercado. Siendo así, antes o después entrará en crisis, como ha venido pasando a lo largo de la historia. Urge pues dotarlo, en la medida de lo posible, de una racionalidad, que tendrá que ser indudablemente nueva, insospechada en muchos de sus aspectos.

En este contexto desarrolla sus actividades el ingeniero alimentario. Su nueva racionalidad, que ya no podrá ser exclusivamente tecnocientífica, el ingeniero tiene que buscarla, encontrarla y comprenderla. O lo que es lo mismo, tiene que ir la construyendo. Ortega y Gasset se expresa con asombrosa lucidez en su *Meditación de la Técnica*<sup>5</sup> cuando nos dice: "Veán, pues, los ingenieros cómo para ser ingeniero no basta con ser ingeniero".

¿En qué medida estos fenómenos consumistas se extienden al mundo entero, desbordando los límites de las sociedades opulentas occidentales? Aunque la mayor parte de la humanidad sigue alejada de unas condiciones de vida opulentas, el paradigma de la sociedad de hiperconsumo impera hasta en los más apartados rincones, gracias a la permeabilidad mediática. Queda mucho hueco todavía en la Tierra para los mercados de vendedores, pero la vanguardia técnica y económica estará en la satisfacción de las necesidades emergentes de los consumidores. Las cuales, desde que hemos entrado en el s. XXI, tienen además que ir adquiriendo el calificativo de sostenibles. Aquí estarán los desafíos futuros a la racionalidad de los ingenieros alimentarios. Es a través del concepto, hoy tan de moda, de la sostenibilidad, como quizá podamos hacer factible la consolidación planetaria de la sociedad del hiperconsumo.

### Lo útil frente a lo estimulante

Pese a toda la riqueza y fantasía que puedan rodearnos, los individuos humanos somos especímenes de *Homo sapiens*, una especie que sigue so-

metida a las reglas de la evolución darwiniana, según las cuales su única razón de ser es sobrevivir, mantenerse presente en el mundo. Para ello necesita que sus especímenes ejerzan sus capacidades reproductoras con un éxito que no comprometa ni la permanencia de la especie en el ecosistema ni el equilibrio de éste. A estos efectos, la evolución ha dotado a los especímenes humanos con determinadas funciones de eficiencia y otras complementarias de placer.

Las funciones de eficiencia más importantes son reproducirse, alimentarse y defenderse. Su contenido es utilitario. Y las correspondientes funciones de placer son la sexual (el deseo que conduce al placer sexual), la gastronómica (el apetito que lleva al placer gastronómico) y la social (la capacidad de relacionarse que lleva al placer de sentirse protegido), entre otras menos destacadas. El placer aparece, desde este punto de vista de los intereses de la especie, como una remuneración de o un incentivo para la eficiencia. Su contenido es estimulante.

Cuando las funciones de eficiencia y de placer están coordinadas, el comportamiento de un individuo es biológicamente equilibrado. El individuo sirve con la máxima eficiencia los intereses de la especie. Pero no siempre sucede así. Puesto frente a un placer dissociado de la eficiencia, la tendencia de cualquier animal es maximizar el uso de este placer en forma desenfrenada, como se ha visto en múltiples experimentos. En términos más moderados, cuando están situados en condiciones que no sean de estricta supervivencia, la tendencia natural de los humanos es buscar el placer, no la eficiencia. Lo estimulante, no lo útil.

Para el sinfín de productos que se ofrecen a los consumidores, no siempre hay una correlación entre volumen de ventas y utilidad. De hecho, cada vez la hay menos, como lo demuestra, por ejemplo, el destino que está tomando el pan, cuyo consumo decrece constantemente pese a ser una fuente ideal de hidratos de carbono. Cada día más consumidores toman muchas de sus decisiones de compra no en función de lo útil, sino de lo estimulante. Aquí es donde tanto la imagen de marca como la publicidad desempeñan un papel decisivo. El *marketing* del punto de venta lo ha comprendido; en algunas grandes superficies, los lineales en los que se exponen los productos alimentarios han llegado a pulverizarse con aromas correspondientes a los contenidos de unos envases que son total-

mente herméticos, intentando recrear así para el comprador potencial lo estimulante de sus contenidos.

El concepto de lo útil atrae poco a unos consumidores que tienen satisfechas todas sus necesidades básicas y lo que quieren comprar es placer; o yendo un paso más allá, fantasía, una forma sofisticada y virtual del placer. Esto no es exactamente así en todos los productos de consumo, pero sí en muchos de los alimentarios, como consecuencia del carácter hedónico que estos últimos superponen al estrictamente nutritivo. También de su función de placer social: asociamos determinados productos alimentarios a una vida más opulenta, que significa más segura, y esto depende a veces solamente de su apariencia y hasta de su precio elevado. Los fabricantes que producen marcas blancas para los grandes distribuidores, además de las propias, intentan diferenciar aquéllas de éstas no sólo en la calidad del producto, sino también en el aspecto del envase, y hasta en el lugar que ocupan los lineales en los que se venden dentro del gran hipermercado; de modo que el consumidor que compra una marca blanca se sienta satisfecho, sí, de su bajo precio, pero frustrado, también, al comprobar que las marcas de fabricante, las genuinas, no están a su alcance; esta frustración tiene, como casi todo en nuestro mundo consumista, que entrarle por los ojos. En productos como el whisky escocés, las marcas y formatos más caros, que pueden llegar a precios de hasta mil euros por botella, se venden sobre todo en los *duty free* de aeropuertos del Extremo Oriente, ya que en la cultura japonesa es un signo de distinción hacer regalos de compromiso tan costosos y a la vez efímeros como sea posible; ésta es la cultura del lujo, asociado a la calidad, sí, pero también y quizá sobre todo a la fantasía.

Llevar a un producto hasta la condición de ser deseado y no simplemente necesitado, de ser más estimulante que útil, está en la base de muchas estrategias publicitarias, que aplican el principio de asociación, o incluso superposición, del producto a publicitar con un símbolo muy atractivo. Un ejemplo clásico es el del anuncio de una conocida marca de cerveza americana, consistente en una foto hecha desde la vertical de tres muchachas muy bellas que toman el sol en la playa sobre una gigantesca toalla, la cual comparten. Tanto la toalla como los bañadores son de color rojo vivo, destacando sobre el blanco de la arena, a la vez que el color bronceado de la piel de las muchachas destaca sobre el rojo de toalla y bañadores; en la toalla está impresa en tonos blancos y azules la etiqueta completa de la marca, y en los

bañadores de las chicas trozos de esta etiqueta elegidos de tal modo que la superposición de las chicas con la toalla resulta, a pesar de que los cuerpos de aquéllas ocultan una parte importante de esta última, en una imagen perfecta y completa de la bien conocida etiqueta.

En un mundo en el que una buena parte de la información se transmite a base de imágenes, la calificación de útil/necesario dada a un producto de consumo debe complementarse con la de estimulante/deseable. Los ingenieros alimentarios ya no pueden limitarse a diseñar lo más útil, sino también lo más estimulante, no lo más necesario, sino lo más deseable. Pero en este deseo entran muchos elementos que al ingeniero le son difíciles de calibrar, porque no se apoyan sobre una lógica clara. Esto mediatiza su libertad de decisión y lo obliga a tener muy en cuenta las indicaciones del *marketing*.

Podrían darse muchos ejemplos de asociación de los productos alimentarios con lo estimulante, en este caso con lo que, yendo más allá de la utilidad, entra por los ojos, tiene una estructura visual. Podemos verlo en la evolución de las botellas de cerveza, que a través de un etiquetado lujoso intentan transmitir una imagen de distinción. O en la publicidad de los productos *light*, bajos en calorías, que asocia la imagen de la marca a lo estimulante de un cuerpo esbelto. Y la peculiar cubierta de espuma de una cerveza negra tipo Stout, muy estable y cremosa, conseguida mediante un enriquecimiento en nitrógeno del gas que la sobresaeta, es en sí misma una poderosa imagen de marca visual.

No todos los planteamientos estimulantes llegan al consumidor a través de imágenes diseñadas por el *marketing*. Decisiones estratégicas de mucho alcance se toman con el criterio de potenciar lo estimulante de un producto o una marca. Éste es por ejemplo el caso de la aplicación rígida, en la fabricación de cervezas alemanas, de la llamada ley de pureza, muy restrictiva en cuanto a las materias primas e ingredientes que pueden usarse, para lo que sigue criterios medievales, con lo que se aporta una imagen diferencial a estas cervezas, asociándolas a las viejas tradiciones, a lo intocable, lo auténtico.

En la complementación de conceptos que estamos considerando hay dos casos que merecen tratarse con más detalle, el de lo nutritivo frente a lo gastronómico y el de lo natural frente a lo nutracéutico.

*Nutrición y gastronomía*

Lo nutritivo versa sobre lo fisiológicamente necesario que hay en la comida, lo gastronómico sobre el placer que nos proporciona. Lo nutritivo es lo útil, está en la composición y en la digestibilidad de los alimentos. Lo gastronómico es lo estimulante, está en el efecto agradable que los alimentos ejercen sobre nuestros sentidos, más allá de ellos sobre nuestro cerebro, todavía más allá sobre nuestra sensibilidad cultural.

Comemos y bebemos con una doble finalidad: nutrirnos y experimentar placer. El placer en la comida puede tener componentes adictivos, que llevan a comer más de lo necesario, lo que va contra la salud. En la vida diaria de un consumidor, su relación con las comidas es alternante. La mayoría de éstas son muy utilitarias y poco estimulantes, se comen principalmente para nutrirse, o para apagar el hambre, un antiplacer. En algunas comidas, como en una celebración o en el comer en un restaurante selecto, lo estimulante es lo principal. Puesto que el avance tecnológico implica con frecuencia reducción de costes, el consumidor tiende a asociar lo tecnológico/barato con lo nutritivo, lo natural/caro con lo estimulante. Pero no tiene por qué ser así.

Merecen señalarse las iniciativas gastronómicas que intentan disociar lo estimulante de lo natural en los alimentos, o lo que es lo mismo, aproximar lo estimulante y lo tecnológico. Es el caso de algunos representantes destacados de lo que ha venido a llamarse “nueva cocina”. Estos artifices gastronómicos hablan de deconstruir los alimentos naturales para reconstruir combinaciones nuevas, llevando algunos su terminología reduccionista hasta el extremo de proponer una gastronomía molecular. Son iniciativas interesantes que pueden tener éxito. Desde luego lo son para el ingeniero alimentario, pues abren una vía para estudiar lo estimulante en los alimentos desde una perspectiva que en su fondo aspira a ser científica. Otros caminos abiertos en esta dirección son igualmente interesantes. Por ejemplo, las investigaciones iniciadas para desarrollar carne artificial<sup>6</sup> producida industrialmente en base al cultivo de células de mamífero, en medio líquido o sobre una matriz que permita a aquellas integrarse en filetes. Los primeros resultados<sup>7</sup> sugieren que estos procedimientos revolucionarios no están muy lejos del umbral de lo rentable, más todavía si se tiene en cuenta que la producción de carne en el

campo tiene un alto coste energético y una contribución destacable a los gases de efecto invernadero. Avances en esta dirección tendrían consecuencias no sólo económicas, sino sociales. El vegetarianismo conseguiría satisfacer sus reivindicaciones, que consideran reprochable el sufrimiento al que se somete a los animales sacrificados, que ya no sería necesario.

### *Lo natural y lo nutracéutico*

Lo natural en los alimentos es un valor que está dentro del campo de lo estimulante. Un ejemplo es el de la llamada comida casera, cuando se compara el cocinar rápido del urbanita, para salir del paso, con el cocinar como lo hacía la abuela, sin límites de tiempo ni de gasto en los mejores ingredientes naturales. Esta cocina de la abuela se presenta en muchas ocasiones como paradigma de lo natural, que es considerado lo auténtico. Estados de opinión de este tipo, que no son racionales sino sentimentales, pueden llevar a la industria alimentaria a autolimitarse en sus posibilidades de innovación tecnológica.

Comer implica inevitablemente un desgaste, una erosión de la salud a lo largo del tiempo. Comida sana es aquella que produce un desgaste mínimo. El consumidor asocia la comida sana con la vida sana, que lleva a una tercera edad dilatada y de calidad. Hacia ella va desplazando su demanda, una elección ésta perfectamente racional. Pero la comida sana no se sirve necesariamente en la cocina de la abuela. Surge un espacio creciente dentro de la Industria Alimentaria, en el que se sitúan productos alimentarios sanos, que no sólo alimentan sino que cuidan la salud. Este espacio no es nuevo. En 1921 se inició la adición de yodo a la sal de mesa para prevenir el hipotiroidismo, y en 1941 el enriquecimiento del pan con vitaminas y hierro. En 1961 se industrializó la primera bebida para reponer fluidos y minerales tras un ejercicio intenso, en 1974 se lanzó al mercado la primera cerveza *light* y en 1981 los primeros platos preparados con bajo contenido en calorías, iniciándose así el ámbito de los productos dietéticos. Todos éstos pueden considerarse ejemplos de lo nutracéutico, constituido por productos alimentarios que tienen modificados uno o muy pocos de los componentes de su amplio espectro composicional. Lo nutracéutico no sólo alimenta, sino que da salud. El desarrollo de productos alimentarios nutraceúticos es un campo de la industria alimentaria que se desarrolla a gran velocidad. Es nutracéutico

todo producto alimentario al que se le ha añadido algún componente que tiene efectos beneficiosos sobre algún aspecto concreto de la salud humana, o eliminado algún otro que pueda tener efectos secundarios perversos. Las innovaciones en esta área son continuas. Un ejemplo es el de los productos alimentarios ricos en fibra, que limpiará mecánicamente las paredes de la mucosa intestinal, eliminando pólipos que de persistir sobre ella pueden eventualmente malignizarse. Otros son las leches enriquecidas con calcio o ácidos grasos omega, los yogures enriquecidos con microorganismos que les aportan vitaminas, muchos productos para diabéticos o celíacos. La nutracéutica es un área de la industria alimentaria en la que la transgenia puede tener un papel importante.

### *El valor de las marcas*

Ya he mencionado que las marcas surgieron espontáneamente cuando los mercados fueron creciendo en tamaño, alejando a fabricantes de consumidores. Lo hicieron para convertirse en un medio de comunicación entre unos y otros, un referente capaz de transmitir a los consumidores los valores con que los fabricantes dotaban a sus productos. Posteriormente, a medida que las sociedades de consumo se han ido consolidando, las marcas se han fortalecido, cobrando vida propia, independiente de su fabricante y convirtiéndose en un fin en sí mismas, llegando a constituir el activo fundamental de muchas industrias alimentarias, sobre cuya fortaleza trabaja activamente el *marketing* que, entendido en su sentido más profundo, va mucho más allá de la simple actividad publicitaria. Disciplina fundamental en la gestión de los mercados, sus objetivos principales son:

- Entender científicamente a los consumidores, en general y desde la perspectiva de un producto alimentario concreto, segmentándolos en sus diversas categorías.
- Determinar cuál es la mejor combinación de lo útil con lo estimulante en un determinado producto alimentario.
- Clasificar a las distintas marcas de un mismo producto según la preferencia que muestran los consumidores por cada una de ellas, e investigar las causas.

Muchos ingenieros alimentarios empiezan a considerarse a sí mismos, o a depender de, los llamados *marketeers*. El *marketeer* es el que “mercadea”

un producto, es decir, el que asesora en el desarrollo, producción y venta de un producto en un mercado siguiendo las reglas del *marketing*. En español podría traducirse por “mercadotécnico”.

Mientras que el *marketing* de las marcas nuevas suele ser agresivo, el de las grandes marcas bien establecidas es casi siempre conservador; teniendo como objetivo principal la defensa y promoción de los valores tradicionales de la marca concreta que gestiona, lo que no significa que sus actuaciones dejen de ser sofisticadas. En muchos casos, un *marketing* eficaz depende de una buena ingeniería alimentaria. Un ejemplo es el de las latas de cerveza Guinness, que jamás daban, al ser vertidas en un vaso, una espuma tan cremosa y estable como la correspondiente cerveza de de barril, siendo éste el formato de referencia de la marca. Hasta que los laboratorios de investigación de Guinness diseñaron, inducidos a ello por el *marketing*, un dispositivo que potenciaba el desprendimiento de burbujas llenas de nitrógeno en el interior de una lata en el mismo momento en que ésta era abierta<sup>8</sup>, resultando en la formación de una capa de espuma tan consistente como la del barril.

En la segunda mitad del s. XX empezaron a producirse cambios importantes en la distribución de los productos alimentarios, que culminaron en la consolidación de una gran distribución que ha ido llenando las ciudades y sus alrededores de grandes hipermercados y cadenas de supermercados, cambiando así el tejido de aquéllas, con la práctica desaparición del pequeño establecimiento de venta de comestibles y una fuerte polarización del tráfico entre el centro y la periferia. El propósito inicial de la gran distribución fue racionalizar los mercados alimentarios, reduciendo los precios pagados por los consumidores. Su estrategia fue vender más baratas las marcas ya conocidas, haciendo uso en la negociación con los fabricantes de su capacidad de compra. Consiguió en parte sus objetivos, convirtiéndose en un instrumento importante de lucha contra la inflación. Pero en numerosos casos se encontró en el mercado con una cultura de marcas que daba a los fabricantes de las marcas líderes una ventaja decisiva. Por eso su segundo paso fue intentar vender la mejor relación calidad/precio, bajo el amparo de marcas blancas o marcas de distribuidor; como también suelen llamarse en contraposición a las marcas propias de los fabricantes. Las marcas blancas representan un intento de retornar a la racionalidad desde la supuesta fantasía de las marcas propias, una vuelta

hacia lo útil desde los excesos de lo estimulante. Pero los lazos que a través de las marcas propias unen a fabricantes y consumidores siguen siendo fuertes en muchos casos. Por eso la gran distribución termina frecuentemente "marquificándose", ya que su fin último sigue siendo tomar el mando del mercado, y para eso tiene que conseguir que sea su marca, no la del fabricante, pero tampoco una marca estrictamente blanca, es decir, genérica, la determinante de la decisión de compra.

Una de las armas más efectivas que el fabricante tiene en sus manos para defender su marca es la ingeniería alimentaria, a la que le plantea un reto, conseguir que esta marca suya tenga una calidad diferencial sobre otros productos que el distribuidor puede obtener a mejor precio. ¿Cómo? Introduciendo en la marca propia elementos diferenciadores de la calidad, que los consumidores sean capaces de apreciar y por los que estén dispuestos a pagar un precio. Así, los ingenieros alimentarios investigan y cuidan lo técnicamente diferencial, que suele estar en el corazón de muchas grandes marcas. En el caso de las cervezas, a veces es la peculiar cubierta de espuma, difícil de conseguir sin recurrir a técnicas especiales. O el uso de virutas de madera que se añaden a la cerveza durante la fermentación, práctica única que desencadena el desprendimiento de burbujas de anhídrido carbónico, las cuales arrastran con ellas compuestos volátiles indeseables, lavando así a la cerveza y dotándola de un aroma particular. O dotar a la cerveza, mediante la selección de la cepa de levadura y el manejo de los protocolos de fermentación, de la capacidad de estar sabrosa cuando muy fría, estado que no alcanzan otras grandes cervezas de países más septentrionales, diseñadas para ser bebidas a temperaturas más altas. El fabricante que no consiga estos objetivos de diferenciación del producto al que amparan sus marcas, las verá convertirse en *commodities*, con lo que tarde o temprano desaparecerán, quedando el fabricante en cuestión a merced de la gran distribución. Como se trata de problemas difíciles de resolver tecnológicamente y costosos de explicar publicitariamente, su solución no está al alcance de muchos pequeños fabricantes, que no pueden defender sus marcas y tras una etapa de transición en la que fabrican marcas blancas, suelen desaparecer. Esta situación refuerza el gigantismo, tanto industrial como de la distribución. El balance de todos estos enfrentamientos termina siendo favorable a los consumidores, pues las *commodities* van mejorando en calidad y las marcas lo hacen en diferenciación y precio. De este modo, los consumidores tienen sus necesidades nutricionales satisfechas, pero tam-

bién las de estímulo y fantasía. Disponen de la mejor combinación posible de lo útil y lo estimulante.

### *La sociedad de la abundancia, un objetivo planetario*

Las sociedades humanas han estado siempre polarizadas entre la pobreza y la riqueza, entre un estado de supervivencia y otro de abundancia. Esta polaridad se manifiesta con fuerza en el mundo de los productos alimentarios. Mientras que en los países opulentos las basuras domésticas están llenas de alimentos todavía utilizables, en muchos mercados africanos los cubitos de caldo se venden hasta por fracciones de cubito y el desperdicio no existe. Situaciones tan distintas dan lugar a criterios de utilidad muy diferentes. La racionalidad de la pobreza es la de nutrirse para sobrevivir en condiciones poco confortables, dando prioridad al desarrollo cerebral y muscular; la esperanza media de vida no es alta, y las necesidades de fantasía no se satisfacen comprando, sino a través de los recursos culturales disponibles. La racionalidad de la riqueza es disponer de alimentos que sean convenientes, es decir, cuya preparación no ocupe demasiado de nuestro tiempo, que den calidad a nuestro envejecimiento aportándonos una vida sana y que satisfagan nuestras necesidades hedónicas y de fantasía.

La penetración de las comunicaciones hasta los últimos rincones del planeta ha hecho que toda la Humanidad conozca las condiciones de vida opulentas y aspire a alcanzarlas. Parece claro que sólo desde el mundo de la abundancia, dotado de tecnología y de recursos financieros, pueden ofrecerse soluciones alimentarias eficaces al de la supervivencia. Éste es un desafío para la ingeniería alimentaria, que no pudiendo ofrecer para el conjunto del planeta nuestras soluciones opulentas, tiene que considerar cada vez con más atención la sostenibilidad planetaria de sus planteamientos.

Todos los sectores industriales se están viendo afectados por la revolución informática. No se trata sólo de la automatización de los procesos, sino de la propia concepción de los productos. A la ingeniería alimentaria, los estímulos informáticos de cambio le están llegando desde direcciones insospechadas. Así, innovaciones en el *hardware* y el *software* del hogar, y particularmente en la forma de cocinar y comer, conducen a cambios profundos en la concepción de los productos alimentarios.

Los costes de distribución, por su parte, tienden a aumentar, y dentro de ellos es preocupante el sector de la distribución capilar, gran consumidor de combustibles fósiles. Esto puede llevar a cambios radicales en la ingeniería alimentaria, en la dirección de manufacturar en el hogar, o muy cerca de él, productos alimentarios que hoy han llegado a fabricarse en plantas gigantescas, muy rentables por las economías de escala. Un ejemplo de estas nuevas tendencias es el de la implantación de las microcervecerías, que ha alcanzado un gran dinamismo a lo largo de los últimos años en las ciudades norteamericanas. Localizadas muchas de ellas en zonas de alta densidad urbana, reciben las materias primas, cuyo factor de concentración en términos de volumen o peso es de al menos diez veces respecto a la cerveza terminada, y disponen de agua y electricidad para fabricar cervezas que los consumidores beben *in situ*. Hablando más en general, el ritmo de crecimiento económico que llevan las sociedades avanzadas puede crear problemas logísticos insolubles, que lleguen a infartar los flujos materiales. Esta amenaza es particularmente aguda en zonas en sí mismas opulentas pero además de paso, como son Suiza y el sur de Alemania<sup>9</sup>.

### Las cadenas de valor y sus paradojas

El concepto de cadena de valor fue desarrollado por Michael Porter en 1985, como una herramienta que podría ayudar a gestionar la **competitividad** de una empresa, ese factor que junto a la innovación determina el éxito en los mercados de compradores. Porter aportó una perspectiva nueva de los cambios que estaban teniendo lugar en empresas y mercados. Según su método, la actividad de la industria no era ya producir un bien o un servicio con la mejor eficiencia técnica y económica, sino crear valor. Expresándolo con más precisión, crear más valor que, o valores diferenciados de, los de sus competidores. Los mercados se habían convertido en mercados de compradores informados, que elegirían no simplemente lo que les aportara mejor precio, sino más valor.

Pero ¿a qué valor se refiere Porter? Porque valor lo hay de muchas clases: inmaterial, material, de contenido, de diseño, de uso, económico. El valor con el que se compite en las cadenas de valor que consideramos aquí es el económico, que se traduce prácticamente en cuánto está dispuesto a pagar el consumidor por el producto que se le ofrece. No es totalmente

asimilable al precio al que se va a vender. Es más bien un valor de sustitución, que se determina comparando el producto a valorar con otros productos, similares y potencialmente sustitutivos, determinando cuánto más o menos pagaría el consumidor por el producto X con respecto al Y. El precio de venta, por el contrario, lo determina el fabricante en función de un conjunto de circunstancias de las que el valor económico es sólo una.

Pueden concebirse muchas cadenas de valor, con distintos niveles de agregación operativa. La más sencilla es la constituida por una empresa que manufactura bienes de consumo para venderlos en un mercado. El primer eslabón de esta cadena es logístico, constituido por los almacenes de recepción de materias primas, ingredientes, repuestos, combustibles, etc. El segundo es el de la producción, que fabrica productos listos para el mercado. El tercero vuelve a ser logístico, que sitúa los productos terminados en el mercado, al alcance de los compradores potenciales, a través de una red de transportes y almacenes. El cuarto es comercial, constituido por las funciones de *marketing* y ventas. El quinto, finalmente, en los casos en que existe, es el del servicio post-venta o servicio al cliente. A lo largo de estos eslabones la empresa manufacturera va agregando valor, o por mejor decir, va creándolo, soportando unos costes y generando finalmente unos beneficios, gracias a los cuales sobrevive. La cadena de valor descansa sobre unas funciones de apoyo, que incluyen toda la infraestructura de dirección y administración de la empresa, la gestión de los recursos humanos, el control de calidad, la investigación y el desarrollo tecnológico, la función de compras y abastecimientos, los servicios generales y de mantenimiento, etcétera.

Las cadenas de valor pueden expandirse en serie, desbordando el marco de la empresa individual. Es el caso, por ejemplo, de la cadena de valor del consumo de cerveza, que puede hacerse empezar en la subcadena de valor de los agricultores que cultivan la cebada cervecera, seguida por la subcadena de las empresas malteras que convierten esta cebada en malta, la de las cerveceras que transforman la malta en cerveza, la de la distribución mayorista que compra la cerveza al cervecero y la vende a la subcadena minorista que a su vez la vende finalmente al consumidor, y éste mismo, que toma la decisión de comprar un producto a un precio. De entre todos los concurrentes o subcadenas independientes, dispuestas en serie, ¿quién domina y en qué medida lo hace la cadena de valor total?

Pregunta clave que todos esos concurrentes tienen que hacerse para determinar su situación competitiva.

También pueden expandirse en paralelo. En el ejemplo anterior, la distribución mayorista de cerveza puede bifurcarse en un canal de hostelería, cuyo destino final es el consumo en los bares, y otro de alimentación, que termina en la venta en las tiendas. La distribución minorista de alimentación puede segmentarse en grandes hipermercados, supermercados de proximidad y pequeñas tiendas especializadas. El conjunto de las empresas cerveceras, en empresas individuales de tamaños parecidos que fabrican marcas distintas y compiten entre sí.

En estos procesos de diversificación en serie y en paralelo de las cadenas de valor puede llegarse muy lejos. En la cadena de valor del ocio del consumidor, concepto muy amplio, pueden encontrarse como competidores, para sorpresa mutua, los cerveceros con las líneas aéreas, porque el dinero que tienen disponibles los consumidores para el ocio pueden dirigirlo hacia el consumo diario de cerveza en sus bares favoritos, o ahorrarlo para el gran viaje anual de vacaciones a un país exótico.

Lo que en definitiva pone de manifiesto este concepto tan fértil de la cadena de valor es que, en los mercados de compradores propios de las sociedades de consumo, todos compiten contra todos. Un símil hidráulico puede ayudarnos a entender el alcance de este concepto: el valor económico total es la masa monetaria disponible por el mercado para el gasto, que cae como lluvia sobre la orografía del sistema tecnoeconómico y fluye a través de una compleja red hidrográfica hasta desembocar por múltiples salidas, desde grandes estuarios hasta pequeñas cascadas litorales, en el mar de los consumidores. El concepto de crear valor hay que entenderlo como crear oportunidades de flujo, aumentando la sección que mi actividad como competidor representa respecto al flujo total, capturando otros canales existentes o creando canales de flujo nuevos.

*Reducción de los costes, aumento de la competitividad*

Actuando sobre la cadena de valor una empresa alimentaria puede mantenerse en fases con pendiente positiva de su ciclo de ventas. Hay dos

formas generales de hacerlo: reduciendo costes, lo que supone un aumento inmediato de la competitividad, o inyectando innovación.

La reducción de costes tiene tres vías de acción principales: aumento del tamaño de la empresa, modernización de la tecnología o cambios en la organización del trabajo.

El aumento de tamaño es la vía más utilizada en los sectores de la industria alimentaria más maduros, y por tanto con menos oportunidades de innovación. Opera mediante las economías de escala, que se manifiestan a todos los niveles operacionales: grandes plantas de producción pertenecientes a empresas globales, con altas cuotas en muchos mercados, superioridad negociadora sobre los distribuidores, abundantes recursos que permiten mantener presupuestos de *marketing* elevados y políticas de precio agresivas, etc. Puesto que en las empresas alimentarias muchos procesos de producción tienen variables críticas cuya naturaleza es biológica, los cambios drásticos de escala pueden resultar en problemas tan inesperados como interesantes. En la industria cervecera, la primera etapa de fabricación, obtención de mosto de cerveza a partir de malta de cebada, se desarrollaba tradicionalmente en grandes calderas de cobre. A partir de los años ochenta se produjeron avances en la calderería de acero inoxidable que hicieron factible el uso de este material en las calderas de cocción, permitiendo aumentar el volumen de éstas hasta diez veces, con interesantes economías de escala. Pero como consecuencia de este cambio tecnológico apareció un problema que muestra la complejidad de procesos industriales que tienen una base bioquímica: el mosto producido en calderas de acero inoxidable fermentaba muy lentamente; pudo averiguarse que la causa era la ausencia de zinc en las calderas de acero, que sin embargo sí está presente en las de cobre como acompañante residual de éste; durante el proceso de cocción del mosto en calderas de cobre, se disuelve suficiente zinc como para que la alcohol dehidrogenasa, enzima de la levadura cervecera que finaliza el proceso de fermentación reduciendo el acetaldehído a etanol, funcione vigorosamente; bastó con añadir cantidades traza de sulfato de zinc al agua de fabricación, en instalaciones de acero inoxidable, para resolver el problema. También hacia los años ochenta, como consecuencia del cierre del canal de Suez, las oportunidades abiertas de reducción de costes de transporte a través de las economías de escala llevaron a la construcción de superpetroleros, que inauguraron una época de gigantismo industrial que fue alcanzando a muchos sectores distintos al del transporte na-

val, entre ellos el alimentario. En la industria cervecera aparecieron los llamados fermentadores gigantes, con capacidades de hasta 800.000 litros, cinco veces superiores a los fermentadores más grandes construidos hasta entonces. También aquí hubo que resolver interesantes problemas de escala. La levadura cervecera tiene propiedades floculantes, que la hacen agruparse en grandes grumos al final de la fermentación, los cuales sedimentan en el fondo de los fermentadores, separándose así, sin coste, de la cerveza. Aparecieron problemas con la introducción de los tanques gigantes, cuya geometría tenía que ser forzosamente, por requerimientos constructivos, de grandes cilindros verticales en vez de los cilindros horizontales de los tanques clásicos, lo que resultaba en una altura de sedimentación de hasta tres veces mayor. Esto rompía el delicado equilibrio de la floculación; en los tanques gigantes la levadura no sedimentaba bien, resultando en cervezas que pasaban a la siguiente etapa de maduración con demasiada levadura en suspensión, lo que afectaba a la calidad del producto final. Para resolver este problema hubo que dotar a los tanques gigantes de anillos de refrigeración situados a mucha más altura de la que los diseñadores habían considerado óptima; se generaban así unas corrientes de convección que hacían circular a la levadura por todo el tanque, en un movimiento parecido al del agua contenida en un cilindro vertical con un punto de calentamiento en el centro del círculo de base y paredes verticales frías; en estas condiciones, llegado el final de la fermentación, la levadura floculada se depositaba en el fondo de los tanques cuando, en su recorrido paredes abajo mediado por las convecciones térmicas, llegaba hasta allí.

En las máquinas de envasado también se han producido aumentos formidables de escala, llegando a decuplicar las capacidades de llenado de los trenes, en base no a aumentos del tamaño de las máquinas, sino de su velocidad de rotación, gracias a la introducción de componentes mecánicos muy sofisticados y de modernos elementos videoelectrónicos de inspección de las botellas. Pero las economías de escala no se limitan a los fabricantes. En el mundo de los distribuidores aparecen los grandes almacenes robotizados, que disminuyen los costes de manejo y aumentan el número de productos distintos que pueden gestionarse con fiabilidad.

Estas iniciativas de gigantismo operacional no tienen solamente un efecto directo sobre los costes, sino valor estratégico. Al exigir grandes inversiones no están al alcance de cualquiera, aumentando las barreras de entrada para nuevos competidores y situando en condiciones desfavorables a los com-

petidores que no tienen potencia financiera para acometerlas. Curiosamente, quizá como fenómeno compensatorio, inducen también a la aparición de un enanismo operacional, en el que es el pequeño tamaño quien, en circunstancias específicas, genera ventaja competitiva. Ejemplo de ello es el ya citado de las microcerveceras en los mercados más avanzados de EEUU y Europa.

Las mejoras en la organización del trabajo como factor de reducción de los costes han dejado ya muy atrás los tiempos taylorianos, salvo en sectores industriales como el automovilístico, en los que prima la producción en cadena. En la industria alimentaria los factores que cambian la naturaleza del trabajo son la automatización y la informatización. Los procesos industriales se robotizan, y los operarios van convirtiéndose en simples terminales humanos de una gran red de ordenadores.

#### *Rupturas y cataclismos en las cadenas de valor*

El segundo tipo de acciones que permite mantener a una empresa dentro de la fase de crecimiento de su ciclo de vida es la inyección continua de innovación en la cadena de valor. Psicológicamente no es fácil, porque una vez que una empresa ha puesto en marcha con éxito una determinada configuración de su cadena de valor, aparecen inercias en sus gestores que se traducen en una enorme resistencia a modificarla en lo esencial. Es aquello de "si las cosas van bien, para qué *meneallas*". Este tipo de problemas se ha vivido en la industria cervecera con el desarrollo de la cerveza sin alcohol. Inicialmente, cuando el I+D de la primera empresa cervecera que lanzó este producto, lo tuvo listo para fabricarlo a escala industrial, los ingenieros de producción se resistían a hacerlo, porque consideraban el concepto casi herético. "Esto es una fábrica de cervezas", decían, "y la cerveza tiene alcohol, es decir, tiene que tenerlo". Fueron los equipos comerciales quienes presionaron para que la cerveza sin alcohol saliera al mercado, consiguiéndolo. Pero cuando el producto fue un éxito comercial y otros competidores empezaron a diseñar cervezas sin alcohol de segunda generación, que superaban en calidad a la hasta entonces líder del mercado, los mismos equipos comerciales se resistían ahora a la introducción de mejoras técnicas, por miedo a que esto tuviera un impacto sobre la buena aceptación de la cerveza sin alcohol entre su clientela. La consecuencia fue que al cabo de algunos años la empresa líder perdió su primer puesto en el mercado, des-

plazada por las cervezas sin alcohol de segunda generación que otros competidores habían desarrollado y lanzado.

En el mundo de los negocios, la primera respuesta a la mayoría de los interrogantes es “depende”, pues el entorno de la toma de decisiones está siempre saturado de informaciones fragmentarias y de imponderables. Aunque muchas veces se adoptan decisiones arriesgadas que resultan en fracasos, la toma calculada de riesgos es mejor estrategia que la resistencia al cambio. En muchas ocasiones esta resistencia abre vías de entrada a competidores que quieren introducirse en la cadena de valor de un sector industrial mediante innovaciones radicales. Así, cataclismos industriales que han resultado en la emergencia eruptiva de nuevos negocios, nacieron de cambios drásticos en la concepción de una cadena de valor. Hay ejemplos muy notables, como el de la sustitución de las cámaras fotográficas alemanas, paradigma del producto de máxima calidad, por las máquinas fotográficas de origen japonés, cuya relación calidad/precio era mucho más competitiva; o la sustitución de los insuperables relojes de pulsera suizos, paradigma de la mecánica miniaturizada, por los relojes digitales japoneses; o la irrupción de los PC, una innovación de IBM que sus estrategias habían dejado metida en un cajón sin llave y que aprovechada por muchos otros fabricantes pequeños, no solamente creó una gigantesca cadena de valor, sino que ha cambiado el mundo.

Siempre habrá este tipo de oportunidades. Los japoneses, grandes artífices de ataques industriales por sorpresa, pueden estar preparando el próximo. Puede serlo el de la transformación radical de la robótica doméstica, un tema en el que sus investigadores industriales trabajan desde hace bastantes años. Una revolución tecnológica en esta área puede tener efectos notables sobre las cadenas de valor de la industria alimentaria, porque el desarrollo de ésta ha dependido siempre de los avances en la tecnología doméstica. En 1927 se desarrolló el refrigerador eléctrico casero y en 1929 la congelación rápida de vegetales. Ya en 1930 empezaron a venderse alimentos congelados en las tiendas y desde entonces la extensión y el desarrollo de las redes de frío ha permitido ampliar extraordinariamente la gama de productos que la industria alimentaria ha podido ofrecer. Algo parecido ha sucedido con las técnicas de concentración no destructiva, como la evaporación al vacío y la liofilización. En 1939 se introdujo el primer café instantáneo, y desde entonces la gama de produc-

tos en polvo: sopas, zumos, etc., ha crecido mucho. Existen muchos más ejemplos de esta dependencia, pero mencionaré sólo la aparición del horno de microondas en 1955, que no sólo ha revolucionado la forma de cocinar, sino los modos en que la industria alimentaria presenta sus productos, resultando además en el lanzamiento de muchos productos nuevos y en un desarrollo extraordinario de los precocinados.

En los mercados de compradores en los que nos encontramos, donde impera un consumo intenso, la naturaleza de la competencia está cambiando radicalmente. En muchos casos no basta ya con optimizar mediante reducción de costes la propia cadena de valor para resultar competitivos. El promotor del pensamiento lateral, Edward de Bono, ha llamado *surpetition*<sup>10</sup>, que significa la superación de los competidores mediante la introducción en la cadena de valor de innovaciones radicales, a una nueva forma de competir. Por decirlo con palabras castizas, la competición ha pasado de ser un pulso normal, en el que dos competidores miden las fuerzas de sus brazos con los codos apoyados sobre una mesa, a un pulso gitano, en el que las manos de los competidores están enlazadas, pero los brazos libres, y todo el cuerpo, con la excepción de un pie izquierdo acoplado al pie derecho del contrario al nivel del empeine, puede moverse libremente, de manera que los requerimientos para ganar, haciendo caer al suelo al adversario, no son ya ser más fuerte que él, sino saber mantener el equilibrio propio y romper el del contrario con movimientos por sorpresa.

La competencia se ha globalizado, tanto en el espacio como en su naturaleza. No solamente los competidores pueden llegarnos desde cualquier extremo del mundo, a lomos de los grandes barcos portacontenedores, sino que además competimos todos contra todos, desbordando el sector, alimentario o de otra naturaleza, al que considerábamos nuestro universo de negocios. La industria alimentaria compite hoy con la del turismo de masas, y ésta con la de la construcción de viviendas, y así poligonalmente, en un largo y encadenado etcétera que descansa sobre nuestra total renta per cápita. Esta situación puede explicarse con un ejemplo sencillo. El estómago humano tiene un volumen limitado, de entre uno y dos litros, con capacidad para expandirse en circunstancias extraordinarias hasta cuatro. La ingesta total diaria de agua, en forma de agua propiamente dicha, otras bebidas y alimentos sólidos, para un adulto humano medio es de 3,7 L para el varón y 2,7 L para la hembra<sup>11</sup>. Esto significa que hay límites físicos para la ca-

pacidad de ingestión de líquidos. A medida que la opulencia de nuestras sociedades ha ido creciendo, el factor limitante para el consumo de las bebidas habituales, de precios razonables, como la cerveza, los refrescos, el agua mineral, la leche y las infusiones, ha dejado de ser el económico, para convertirse en el volumétrico. Del conjunto de todos estos productos alimentarios líquidos ingerimos lo que nos cabe dentro del cuerpo, porque en los países opulentos el agua del grifo, agobiada por problemas de calidad orgánica en casi todas partes, ha dejado de ser una bebida. Cuando los fabricantes de esas bebidas habituales han descubierto estos hechos se han encontrado, súbitamente, con que están compitiendo todos contra todos, no por una cuota de mercado sectorial que ha perdido su significado funcional, ¡sino por la cuota de estómago! Es decir, por la cuota del mercado total de bebidas. Tuve la oportunidad de vivir los días en que esta situación se le hizo patente a algunos cerveceros. Comprendieron entonces que sus competidores más peligrosos no eran los viejos contrincantes cerveceros, miembros todos de una familia regularmente avenida, sino los grandes fabricantes de bebidas refrescantes carbonatadas, al amparo de poderosas y bien conocidas marcas. Esta comprensión tuvo el alcance de una iluminación, y vino acompañada por la amarga sospecha de que esos fabricantes de bebidas refrescantes habían venido siendo conscientes de esta situación desde muchos años antes que los cerveceros.

Como compensación a esta amplificación del ámbito de la competencia, emerge una categoría competitiva de nuevo cuño, de signo negativo, porque se trata realmente de una cooperación entre competidores pertenecientes a un mismo sector; como puede ser el cervecero o el de vinos o refrescos. Se coopera en promover el producto sectorial genérico, su imagen nutricional y estimulante en lo que tiene de diferencial, en defender una posición legal y fiscal que facilite la competitividad del sector en relación con otros sectores competidores, todo ello en aras de aumentar la cuota de estómago sectorial, independientemente de la marca de que se trate.

### **El I+D+i y los caminos de la innovación**

A la ingeniería alimentaria le compete fundamentalmente la innovación a lo largo de la cadena de valor; en procesos y productos. El esquema clásico de este innovar se resume en la fórmula I+D+i, investigación más desa-

rollo más innovación. La Investigación indaga cómo funciona el proceso o producto en cuestión, el Desarrollo pone a punto un modo concreto de funcionar que sea novedoso, eficiente y sometible a control, y la Innovación consigue que todo lo anterior remate en algo competitivo en el mercado, donde debe representar una mejora fácilmente perceptible por los compradores. Más que de una cadena causal, se trata de un sistema triangular en el que tienen lugar influencias en las seis direcciones posibles.

El conjunto I+D+i se ha potenciado y diversificado en toda la industria alimentaria. Las razones para ello son las siguientes:

- La saturación de la demanda en mercados desarrollados de compradores obliga a los fabricantes a proponer nuevos productos alimentarios capaces de generar nuevas demandas, lo que exige un flujo constante de I+D+i.
- La saturación de la oferta en mercados emergentes de vendedores crea tensiones de demanda que son propicias al crecimiento industrial. Se oponen a ello importantes déficit de capital y conocimientos, así como la ausencia de mercados modernos. Pero la dificultad más importante es de índole tecnológica, en cuanto a que las soluciones alimentarias que funcionan en las sociedades opulentas son casi siempre demasiado caras para que sean exportables sin cambio alguno a sociedades pobres. Éstas necesitan soluciones tecnológicas más baratas y sostenibles, que sólo se obtendrán a través de mucho I+D+i.
- El avance de los conocimientos científicos en todas las áreas del saber; particularmente intenso en las disciplinas biológicas, abre continuamente nuevas oportunidades para el desarrollo de nuevas soluciones alimentarias. El consumidor de las sociedades avanzadas es particularmente receptivo a innovaciones tecnológicas que mejoren su calidad de vida actual y sus esperanzas de vida a través de una alimentación sana. Los avances en Medicina traen frecuentemente consigo correlatos nutricionales que dan origen a nuevos productos bien aceptados por los mercados.

#### *La investigación en la industria alimentaria*

Se dan dos tipos bien distintos: la exploratoria, que amplía los conocimientos en un área alimentaria específica, sin ningún objetivo de aplicación inmediata, y la orientada a la corrección de problemas, el *problem*

*solving* anglosajón. En cuanto a la primera, los ingenieros alimentarios deben acudir a la mejor investigación científica, y cuando la practican sus criterios de excelencia y rigor deben ser tan exigentes como los de los mejores científicos, ya que desde un punto de vista metodológico esta investigación tecnológica es científica y debe regirse por las reglas rigurosas del método científico. Una investigación así puede requerir recursos que sólo están disponibles en empresas grandes, donde pueden generar economías de escala y barreras a la entrada de otros competidores. Para empresas más pequeñas, las mejores fórmulas disponibles en un entorno de negocios cada vez más competitivo y mejor comunicado, son la investigación contratada y la adquisición de patentes, a no ser que se trate de una *spin-off* nacida del mundo académico.

La investigación correctora de problemas específicos, el *problem solving*, difiere en sus objetivos de la investigación exploratoria, pues en ella no interesa saber cómo funcionan las cosas, sino por qué han dejado de funcionar; es decir, por qué aparece súbitamente, en un proceso de producción o en la calidad de un producto, un problema. Es investigación en el sentido más riguroso del término, porque aplicamos la misma concatenación de proposición de modelos y su verificación experimental que en la investigación más básica. Pero tanto la realidad industrial como la composición de los productos alimentarios son complejas. Muchos de los problemas que emergen en estos entornos son efecto de un conjunto de causas, cada una de ellas contribuyente pero no suficiente, que se van acumulando unas sobre otras. La aplicación metodológica más adecuada es la construcción de modelos que incluyan todas las causas posibles del problema, seguida de la verificación de los efectos que la eliminación sistemática, una por una, de estas posibles causas tiene. Muchas veces sucede que la acción que permite resolver el problema no tiene nada que ver con la causa que lo hizo emerger como tal.

### *El ABC del desarrollo de nuevos productos y procesos*

La sociedad de consumo se caracteriza por una superabundancia de productos alimentarios, que saturan todos los canales de distribución. El desarrollo de nuevos productos se ve afectado por esta situación, pues cuando se llega a la fase final del lanzamiento de prueba, apenas hay es-

pacio físico en los lineales de los hipermercados y en las neveras de los bares para que el nuevo producto pueda ser presentado a los consumidores. Es crítico ser capaces de efectuar muchos ensayos de lanzamiento a bajo costo, limitados en espacio y tiempo, de los que inferir conclusiones más generales, pues la tasa de fracasos en nuevos productos es altísima. Por otra parte, el diseño de nuevos productos puede ser un proceso largo y complicado, que obligue a un continuo ir y venir hacia y desde la investigación.

En cuanto al desarrollo de nuevos procesos, el papel que desempeñan las industrias electromecánica y química como generadoras de innovación alimentaria es muy importante. Pero cuando se llega al corazón de los procesos, es decir, se va más allá de los simples movimientos de materia y energía, la intervención de los ingenieros alimentarios puede ser decisiva. En cualquier caso, una parte importante de la innovación en procesos la adquiere la industria alimentaria de sus proveedores de equipos, con los que está obligada a mantener una estrecha relación tecnológica.

### *La innovación industrial como cultura empresarial*

La innovación es el último paso de la cadena creadora I+D+i. Exige el compromiso de casi todos los sectores de la empresa, desde los ingenieros que han hecho la investigación y el desarrollo, hasta los mercadotécnicos que tienen que explicarlo a los consumidores, pasando por los vendedores que deben comprender y aceptar la novedad y los financieros que posibilitarán la inversión en ella. Por encima de todos, coordinándolos e impulsándolos, tiene que estar la alta dirección de la empresa que innova, ésta es la condición *sine qua non*.

En la innovación empresarial suele haber dos niveles de profundidad: la simple extensión o mejora de productos o procesos ya consolidados, y el desarrollo de negocios absolutamente nuevos.

En las empresas de sectores maduros, como lo es el alimentario, es importante fomentar y mantener una cultura de innovación, lo que no es fácil. Hay muchas resistencias a la innovación, producto de la aversión al

riesgo que tiene todo colectivo humano que se siente suficientemente seguro sobre la base de sus éxitos pasados.

### *La imaginación al poder*

Para terminar esta sección, describiré someramente los vectores de innovación en la industria alimentaria que me parecen más interesantes o prometedores.

- Reconstrucción de muchos productos alimentarios clásicos dotándolos de propiedades nuevas. Un abordaje es el de la fraccionación de los productos alimentarios en sus componentes principales, y su reintegración en combinaciones totalmente nuevas; ejemplo notable por su éxito es el ya mencionado de leches a las que se añade calcio u otros aditivos nutracéuticos. La aproximación opuesta, capaz quizá de dar la herramienta más poderosa y limpia es la ingeniería genética, mediante la que pueden incorporarse a un alimento, de un modo limpio, puntualmente y a voluntad, propiedades que nunca ha tenido.

- Reducción drástica de los costes de distribución y producción de la industria alimentaria. La primera dirección es la de reducir los costes logísticos mediante diseños innovadores de los sistemas de almacenamiento y transporte; en un abordaje más radical, rediseñar las plantas de producción, que quizá lleve en muchas zonas sobresaturadas en lo logístico a una vuelta atrás desde las megaplantas a nuevas plantas de alcance local, eso sí, muy optimizadas en cuanto a robotización y costes energéticos. La otra dirección es la de la reducción de los costes de proceso; en este campo, un desafío muchas veces intentado pero nunca conseguido es el de la fabricación en continuo, que no existe en la industria alimentaria, sometida todavía a procesos por lotes, y que resultaría en un aumento de la flexibilidad operativa y una reducción de los costes energéticos.

- Vegetarianización inevitable a largo plazo de la Humanidad consumidora, que obligará al diseño *ex novo* de nuevos alimentos, por ejemplo un derivado de soja que posea muchas de las propiedades organolépticas y hedónicas de un buen entrecot.

- Necesidad de concentrar muchos productos alimentarios para añadir-

les nuevas posibilidades de uso y disminuir los costes de su distribución. El ejemplo ya clásico es el del café instantáneo, extensible a muchos otros alimentos cuyo consumo final es por vía líquida. La investigación en nuevas técnicas de concentración progresa rápidamente, en campos como el de las membranas con capacidades de separación muy específicas.

- Revolución robótica de la cocina doméstica, que permitirá darle al consumidor del futuro una libertad cada vez más amplia para decidir cómo va a alimentarse, convirtiéndolo de alguna manera en fabricante de sus propios productos alimentarios, en una convergencia revolucionaria entre la industria alimentaria y la cocina del hogar o la microfábrica del establecimiento hostelero.

## REFLEXIONES

### La técnica vista por los filósofos

Es interesante detenerse en considerar la visión que de la tecnociencia y nuestras sociedades de consumo tienen los filósofos, esos especímenes relegados por la gente común a la categoría de rarezas pero que han acertado casi siempre, si no en las soluciones, sí en la formulación de los problemas con los que se enfrentan las sociedades en las que han vivido.

#### *La visión de la técnica en Ortega y Gasset*

Ortega y Gasset, en su *Meditación de la Técnica* y en la temprana fecha de 1923, describió magistralmente lo técnico y el hacia dónde nos lleva. Según Ortega, el estar del hombre en el mundo lo aparta inevitablemente de la naturaleza. El ser humano supera a la naturaleza, vive más y más fuera de ella, construyéndose a través del pensamiento, el lenguaje y la cultura, su propio mundo. En este contexto, la técnica es la invención exclusivamente humana mediante la que el hombre construye su mundo material, el cómo afronta una cultura los aspectos materiales de su realidad. No es una invención occidental, pues cada cultura ha tenido y tiene su técnica, que es su proclamación y a la vez su descubrimiento de cómo quiere desenvolverse por el mundo físico. Y esto es así por primitivas que nos parezcan hoy a nosotros algunas de estas técnicas. Baste como ejemplo la consideración de algo tan exótico para nuestra cultura como el budismo tibetano, capaz sin embargo de construir grandes monasterios, asiento técnico de sus admirables logros espirituales. Y es que la técnica en el sentido orteguiano no está basada en la ciencia, no es una consecuencia de esta última; por el contrario, desde una perspectiva histórica, la técnica precede a la ciencia. Éste es también el punto de vista de Heidegger<sup>12</sup>. Durante muchos siglos la técnica se ha venido expresando a través de los usos y costumbres, careciendo de estructuras formales; su exponente típico ha sido la artesanía, en la que el maestro transfiere sus conocimien-

tos al aprendizaje por la vía del ejemplo y los gremios protegen el secreto de esta transmisión oral. La técnica se expresa también muy directamente en las artes, particularmente en las figurativas. Todo artista lo es no sólo en tanto a su inspiración creadora, sino en cuanto a su maestría de determinadas técnicas, muchas veces inventadas por él mismo, lo que lo convierte a la vez en artesano.

Esa cultura que separa al hombre de la naturaleza lo hace en buena parte a través de las ciudades. La construcción de ciudades y de enlaces entre ellas es, dada la voluntad de hacerlo, un problema técnico. Las culturas que tienen un fuerte componente urbano devienen en civilizaciones, que son, cada una a su estilo, una culminación de la técnica que las hizo nacer; subvirtiendo la naturaleza y transformando radicalmente el paisaje.

La ciencia es por su parte una invención técnica de la civilización occidental, nacida de la coyunda entre el arte de pensar de los griegos y la universidad tardomedieval, en sí misma una invención de la Iglesia cristiana europea sobre los modelos de la Academia platónica y el jardín aristotélico. El gran éxito de la ciencia no deriva solamente de su método, sino de la libre difusión de los conocimientos científicos que tiene lugar en la universidad. El corazón de la ciencia sigue siendo técnico en el sentido antiguo. No le interesa a la ciencia el por qué de las cosas, que es la obsesión de los filósofos, sino el cómo funcionan, un problema más propio de los artesanos. Desde Galileo, el quehacer científico aspira a usar un lenguaje matemático, pero conserva intacto, en todas las disciplinas en que ello es posible, el experimentalismo de los alquimistas. Y un cierto espíritu gremial sobrevive lozano en la comunidad científica actual donde, con la excepción de los grandes genios, abridores de vías totalmente nuevas hacia el conocimiento; la mayoría de los premios Nobel y otros científicos destacados pueden agruparse en linajes de maestro a discípulo.

El éxito de la ciencia en Occidente deviene en una serie de revoluciones técnicas, que no presentan visos de agotarse. Cada una de estas revoluciones está basada en una nueva forma de concebir y utilizar la energía. Primero es el viento ligado a la navegación a vela y los conocimientos astronómicos necesarios para orientarse en la mar; luego la máquina de va-

por ligada al carbón y a la mecánica newtoniana, después el motor de explosión ligado al petróleo y a la termodinámica, finalmente la electricidad ligada al uranio y a la física atómica. Entonces tiene lugar un salto conceptual desde la energía cinética hasta una energía potencial acumulada como información, y se entra en la revolución informática. Esta transformación informativa culmina hoy por hoy en la revolución emergente de la ingeniería genética. En esas estamos.

Los términos se han invertido: si la ciencia surgió de la técnica, ahora la técnica no puede concebirse sino como derivada de la ciencia, en lo que podría llamarse tecnociencia. Toda técnica avanzada no puede ser hoy día sino tecnociencia. Lo que tiene de particular ésta, como consecuencia de su genealogía, es la separación entre el saber y el hacer, que nunca existió en la técnica artesanal. El saber le llega a la tecnociencia desde la ciencia pura, y el hacer es la puesta en práctica de ese saber en el entorno de lo económico y social. La obligada separación entre el saber y el hacer resulta en sí misma revolucionaria, porque el saber tecnocientífico queda inmediatamente a disposición de todos sus posibles utilizadores, casi siempre a un precio irrisorio. Ejemplo destacado de esto es el saber informático. De la separación entre el saber y el hacer técnicos nace la fábrica, o en términos más generales el gran proyecto técnico. Y es sobre ellos donde se desarrolla la ingeniería tal y como hoy la concebimos. Como lo expresa Ortega, el ingeniero, o el tecnocientífico, se diferencia del artesano en que en aquél la invención de tecnología se ha independizado de su aplicación. He vivido ejemplos muy claros de este contraste en las fábricas de cerveza. Los viejos maestros cerveceros alemanes o belgas medían en el s. XIX la densidad del mosto tan empíricamente que utilizaban el método de “los pantalones de cuero”: vertían mosto en un banco de madera y se sentaban sobre él, levantándose de nuevo al cabo de algunos minutos y estimando, por la resistencia que el pegajoso mosto oponía a que sus pantalones se separaran del banco, la densidad de aquél. Años después, un joven e inteligente contraamaestre de La Cruz del Campo, ignorante de los secretos de la cerveza, espiaba por el ojo de la cerradura al maestro cervecero alemán que se encerraba en un cuartito para medir la densidad del mosto con un sacarómetro. Todavía algo más tarde, en los albores de la II Guerra Mundial, el profesor De Clerck creaba la escuela de ingenieros cerveceros de la Universidad de Lovaina, escribiendo durante los días

oscuros de la guerra su *Cours de Brasserie*, que contenía en dos tomos toda la ciencia y la técnica cerveceras, sin guardar secreto alguno, libremente accesibles para todo el que conociera el francés. Y después de la guerra, jóvenes ingenieros cerveceros belgas venían a trabajar a La Cruz del Campo y otras partes del mundo, difundiendo así, sin coste alguno, todo el conocimiento cervecero europeo en aquel feliz, para los fabricantes, mercado de vendedores.

### *Consecuencias sociales de la revolución tecnocientífica*

La técnica no ha venido al mundo a satisfacer las necesidades de los humanos, sino a crear necesidades nuevas. Esto puede parecer a primera vista escandaloso, pero es la tesis de Ortega en *Meditación de la Técnica*. Como parte que es de la cultura, es decir, del proyecto vital de un colectivo humano, la técnica innova, inventa ámbitos nuevos. Y al hacerlo, crea para el hombre posibilidades que al principio lo liberan de constricciones impuestas por la naturaleza, pero que pronto se transforman en necesidades nuevas, haciéndose así adictivas. ¿Quién de entre nosotros sería hoy capaz de concebir una vida sin electricidad, automóviles u ordenadores? Y sin embargo, así lo ha sido durante la mayor parte de la historia humana y lo sigue siendo en muchos ámbitos rurales.

Esta técnica que va transformando radicalmente la vida del hombre, lo pone simultáneamente en peligro. La técnica es peligro, constatación esta que resuena con fuerza tanto en Ortega como en Heidegger. Por supuesto que en la vida considerada como naturaleza existe también el peligro. En parte es consecuencia del azar, como en los terremotos o los cataclismos, por otro lado, forma parte de las reglas del ecosistema en que se vive, que del peligro para sus componentes –muerte por caza para los predados y por hambre para los predadores– extrae equilibrio para el conjunto. Pero una cosa es que el hombre acepte la existencia del peligro en la naturaleza y otra muy distinta que se ponga voluntariamente en peligro. Y esto es lo que siempre ha hecho cuando ha practicado la técnica, y consiguientemente la ciencia y la tecnociencia. Ortega lo expresa, ahora en la *Rebelión de las masas*<sup>13</sup>, con aterradora claridad: "No hay razón para negar la realidad del progreso; pero es preciso corregir la noción que cree seguro este progreso. Más congruente con los hechos es pensar que no

hay ningún progreso seguro, ninguna evolución sin la amenaza de involución y retroceso. Todo, todo es posible en la historia, lo mismo el progreso triunfal e indefinido que la periódica regresión. Porque la vida, individual o colectiva, personal o histórica, es la única entidad del universo cuya sustancia es peligro. Se compone de peripecias. Es, rigurosamente hablando, drama”.

De esta situación arrancan muchos de nuestros problemas y oportunidades de hoy. Como consecuencia de la capacidad fáustica de la ciencia de abrir constantemente nuevas posibilidades técnicas, el hombre occidental ha venido rompiendo desde hace tiempo sus conexiones con lo natural, y en este movimiento está consiguiendo arrastrar tras él, fascinada, a la mayor parte de la humanidad. El sino del hombre contemporáneo es complicarse la vida, haciéndola más arriesgada y artificial, más dependiente de lo tecnocientífico, pero a la vez más comfortable y fascinante. Ya le es imposible volverse atrás.

El escenario en el que esta tragicomedia se desarrolla es el mercado. Que nos ha traído una prosperidad insospechada y que, cuanto más se desarrolla, más se convierte en un mercado de compradores. Y que en tanto lo va siendo más, menos racional se hace, más abierto a lo novedoso, más experimentalista y también más adictivo.

Lipovetsky<sup>14</sup> ha examinado con ojos de sociólogo la fenomenología del mercado, poniendo de manifiesto hacia dónde nos va llevando el caminar por él. En sus términos, si el mundo moderno fue una creación de la burguesía, y la postmodernidad una etapa de decepciones y dudas nacidas de las convulsiones del s. XX, la sociedad hiperconsumista del s. XXI es un retomar la ruta hacia la construcción de un mundo tecnocientífico. El hipermercado ha matado a la burguesía, la sociedad humana avanza hacia el igualitarismo a través del consumo, en esto consiste, en última instancia, la globalización. Pero Lipovetsky es optimista, cree que la sociedad de hiperconsumo en la que vivimos tiene, a pesar del escándalo de algunos profetas, más aspectos positivos que negativos. Cree que el ser humano, satisfecho la mayoría de sus necesidades materiales, rodeado de una oferta de confort y placer que supera con mucho su demanda, va ganando sin embargo, o precisamente por ello, tiempo para cultivar otros valores. Entre ellos destaca el del reencuentro con la naturaleza, que debería llevarlo

a la construcción de un mundo sostenible, con sitio para toda la biodiversidad, una suerte de renovado jardín del Edén.

Ésta es la utopía de nuestro tiempo. Que se lleve a cabo o no es otra cosa. Se trata, quizá por primera vez en la historia, de una utopía basada en la ciencia y desarrollada a través de la técnica, lo que significa que hemos enterrado definitivamente a Platón y sus seguidores, asumiendo sin duda grandes riesgos. Protagonistas de su desarrollo han sido, son y serán los ingenieros, entre los que hay que incluir a los médicos. Unos y otros han ido modificando los sistemas naturales, segregando de ellos los mecanismos sobre los que hemos construido nuestra civilización. Como consecuencia, hemos cambiado el mundo, que se nos ha quedado pequeño; la foto del planeta encendido durante la noche es uno de los grandes iconos de nuestra época. Nuestras tareas y responsabilidades se han globalizado; desde hace tiempo, lo que hagamos o modifiquemos en cualquier rincón del mundo, afecta al conjunto. Pero además, nuestras competencias como ingenieros no se refieren ya solamente al bienestar humano inmediato, sino a su sostenibilidad a largo plazo, con lo que se han vuelto, si cabe, más interesantes.

Es casi seguro, porque está en la naturaleza de las cosas su sometimiento a ciclos, que antes o después nuestro hiperconsumismo actual se enfrentará a una crisis profunda. Tenemos que estar preparados para cuando esa etapa llegue. También tenemos la obligación de prever, que es casi lo mismo que imaginar, las direcciones a largo plazo que, incluso en ausencia de grandes crisis, pueda tomar nuestro sistema económico y social. Nos enfrentamos con un futuro al que, si lo analizamos con una mezcla sabia de optimismo y cautela, deberíamos encontrar fascinante, como lo han hecho todos los que, a lo largo de nuestra darwiniana historia, han conseguido sobrevivir.

#### *Sloterdijk y su propuesta de domesticación democrática*

Queda por considerar una última cuestión filosófica, relacionada con las posibilidades de transformación que la revolución biotecnológica le está abriendo al hombre. La pregunta es: ¿hemos llegado a un límite, a una situación en que el peligro que la innovación técnica trae consigo empieza a convertirse en insostenible?

La respuesta que empieza a dibujarse en el horizonte es que no. Lo más probable es que se intente y ensaye todo o casi todo lo que la nueva biología nos permita, aunque ello nos lleve a un mundo que para los humanos de hoy sea irreconocible. El camino que se nos propone parte de la inutilidad de cualquier tipo de discusión moral. Al menos eso es lo que apunta el filósofo que, quizá sorprendido por sus propias circunstancias, se ha convertido en el profeta de esta revolución biotecnológica que nos va llegando: Peter Sloterdijck<sup>15</sup>.

Empieza Sloterdijck levantando acta del fracaso del humanismo occidental, en sus tres vertientes, marxista, capitalista y cristiana. Ninguna ha conseguido, en expresión del autor, domesticar al hombre, como se pone claramente de manifiesto no sólo en las catástrofes del s. XX, sino en nuestro mundo de hoy. Considera el filósofo la domesticación como una parte principal e inacabada del proceso de hominización, la fase siguiente y obligada a la de la domesticación de los animales. Hace una crítica de todo el humanismo filosófico occidental, desde Platón hasta Heidegger. No ve fundamento a una cierta visión ética que prefiere dejar la evolución biológica humana en manos del azar, antes que intervenir decididamente en ella con las armas disponibles, que son potentes. Reivindica al Nietzsche optimista que quiere al hombre protagonista y modelador de su propio futuro. Y propone entrar abiertamente en un intento de mejora genética del ser humano, partiendo de lo que llama unas "normas para el parque humano", un código de "antropotécnicas", elaborado consensuadamente por científicos, técnicos y hasta humanistas, de manera que se intente la construcción de una humanidad en la que deje de haber domesticadores y domesticados.

Son ideas provocadoras, fértiles en cuanto a que abren el camino hacia una discusión de los problemas biotecnológicos que supere a un simple enfrentamiento dogmático entre posturas irreconciliables. Aunque resulta irónico que después de haber desmontado la pedagogía humanista de Platón, Sloterdijck nos traiga de nuevo al Platón de *La República*, en la propuesta que nos hace de un panel normativo de expertos. No obstante es posible, quizá hasta deseable, que el futuro se vaya construyendo según estos métodos, en los que la opinión de los expertos y la disponibilidad de herramientas cada vez más potentes para la anticipación de riesgos desempeñen un papel decisivo.

## El ingeniero de nuestro tiempo y sus necesidades de formación

### *El ingeniero como optimizador*

Es evidente que la ingeniería procede de la tecnociencia, porque sin un potente fundamento científico la ingeniería se reduciría a pura práctica artesanal. Pero va un paso más allá. Porque si la tecnociencia diseña y propone aplicaciones técnicas de la ciencia, la ingeniería se nutre de estos resultados para construir mecanismos o procesos capaces de reportar alguna utilidad. Es, como está claro para todos nosotros, tecnociencia en acción, convertida en utilidad inmediata.

El ingeniero, por tanto, no siendo un artesano, tampoco se limita a ser un científico, aunque muchos lo sean, y excelentes, en su praxis. Pues además de la ciencia, la ingeniería integra en sus actividades otras disciplinas sobre las que tiene que apoyar sus soluciones, y que no son ciencia en sentido estricto, sino economía, sociología, derecho, psicología y otras materias con un componente humanístico. Ya que el interés principal del ingeniero no es el del científico, averiguar cómo funcionan las cosas, sino que las cosas funcionen, y no en un modelo sometible a continua revisión, sino en el mundo real.

Y para que las cosas funcionen en un mundo real, el ingeniero tiene que ser capaz de integrar muchas respuestas parciales a problemas prácticos, en la mejor solución total. La cual tiene que satisfacer requerimientos de naturalezas muy distintas; tiene que ser científicamente correcta, tecnológicamente posible, económicamente viable, socialmente aceptable, etc. Por eso el ingeniero es un sintetizador y un optimizador. Para la ingeniería no hay respuestas inambiguas, en el sentido de verdaderas o falsas, sino mejores o peores. Esto implica relativismo, adopción de puntos de vista. Y exige que la formación del ingeniero sea lo suficientemente amplia para el desempeño de sus complicadas funciones.

Quizá por ello, los *currícula* de las universidades politécnicas han venido siendo tan distintos de los de las puramente científicas. En contraposición al licenciado, que tiende a especializarse en un área del saber, el ingeniero adquiere una formación polivalente, carga sobre sus espaldas lo que podría llamarse un mandato a lo Robinson Crusoe, obligándolo a

enfrentarse, en el curso de su formación, con disciplinas muy alejadas unas de otras.

¿Cómo se aplican estas consideraciones al ingeniero alimentario? No le va a bastar, en el curso de su desarrollo profesional, con tener unos conocimientos sólidos en ciencia y tecnología de los alimentos, ni siquiera si es un especialista trabajando en el seno de una gran empresa. Porque para comprender la orientación de lo que está haciendo tendrá que saber de ventas y *marketing*, es decir, de todo lo que relaciona su trabajo técnico con los mercados; de economía de la empresa, que determina cómo se gestiona la cadena de valor y se toman las decisiones de inversión y desinversión que terminarán condicionando sus proyectos; así como de otras muchas disciplinas que sería prolijo enumerar. Todo esto es difícil de conjugar por lo heterogéneo de sus contenidos y porque, para asimilarse satisfactoriamente, exige no sólo conocimientos teóricos sino unas dosis mínimas de experiencia.

#### *La formación del ingeniero alimentario*

De manera que en el contexto multidisciplinario en que se mueve la ingeniería alimentaria de hoy, la formación adecuada del ingeniero adquiere una gran importancia. Este requerimiento tiene lugar en un marco social en el que todo lo relacionado con la educación se ha devaluado. Una de las críticas más fundadas que se han hecho a la civilización del hiperconsumo es la de su descuido por la educación, al considerar al humano consumidor de mercancías como una mercancía más. Tampoco se ha sido todavía capaz de incorporar plenamente en las tecnologías educativas la riqueza informativa puesta en nuestras manos por Internet y sus derivados. Pero esta situación tiene necesariamente que terminar. Es muy posible que lo que nos espere en el futuro sea una obsesión por la educación, una consolidación de todo lo bueno que sabemos acerca de ella y la aparición de fórmulas educativas nuevas que ahora ni siquiera imaginamos. Lo cual, en nuestro campo concreto de responsabilidad, debe llevarnos a una preocupación sostenida por la educación de los ingenieros, y por la educación del conjunto de la sociedad en lo que la ciencia y la técnica son y contienen. Tarea esta en la que una Academia como la nuestra se ve necesariamente llamada a desempeñar un papel destacado.

La industria alimentaria produce bienes de consumo no duraderos, lo que la hace estar muy cerca del consumidor. Pero el consumidor avanzado de hoy, ese hiperconsumidor al que con tanta precisión ha definido Lipovetsky, utiliza el consumo para darle forma a su entero espacio vital. Este hiperconsumidor vive en unas sociedades opulentas que están estancadas demográficamente, lo que frena en lo cuantitativo la demanda de productos alimentarios. De manera que el crecimiento de esta demanda tiene que ser cualitativo, es decir, vía un aumento de los precios sustentado en la creación de valor, basada a su vez principalmente en la innovación.

El entorno profesional del ingeniero alimentario es y va a seguir siendo muy dinámico, obligándolo a estar preparado para actuar en frentes muy diferentes. Tendrá que ejercitar su oficio en condiciones de extrema movilidad, enfrentándose a lo largo de su carrera con cambios drásticos en sus soportes geográfico y empresarial, con la reconstrucción continua de los paradigmas de su oficio y la necesidad de reaprender éste con frecuencia. Todo ello supone cambios fundamentales respecto a lo que la actividad del ingeniero alimentario ha sido a lo largo de la mayor parte del s. xx. Va a requerir de él:

- Capacidad para el aprendizaje continuo, muchas veces por vía autodidacta. Eso que ya se nos daba en las antiguas Escuelas Especiales, desde la polivalencia de los estudios que allí hacíamos, la capacidad de ponerse al día en cualquiera de los múltiples temas que necesitemos profesionalmente, sean éstos los que sean.
- Capacidad de ver los problemas desde perspectivas innovadoras. Empezando por la habilidad de practicar el pensamiento lateral, ese que permite reformular los problemas desde direcciones de ataque totalmente nuevas. Y siguiendo por la capacidad de proyectar las situaciones hacia el futuro, de viajar hacia él, para volver desde allí con soluciones y propuestas distintas, inventadas o soñadas, para contrastarlas con la realidad.
- Capacidad de deconstruir y reconstruir los procesos y productos con los que trabaja, en orden a ensayar continuamente combinaciones nuevas, en esa suerte de inmenso juego legolándico en el que discurren hoy nuestras vidas y nuestra técnica.
- Conocimiento del mundo de lo alimentario, en el sentido más amplio, y habilidad para moverse por él con soltura.
- Conocimiento de la psicología y la sociología del consumidor.

¿En qué medida podrá aprenderse todo esto durante los años de formación en una Escuela Técnica, haciéndolo además de un modo práctico, que capacite para la acción? Ardua será, si no imposible, esta tarea. Vivimos en un mundo en el que el proceso educativo debe conferir habilidades antes que conocimientos, así como suficiente experiencia en áreas periféricas a las que constituyen el campo de especialidad, es decir, un necesario enciclopedismo. Por otra parte, éste es el mundo de Internet y de Google, en el que el aprendizaje se convierte en un proceso individual y continuo. Quizá estemos ya en las puertas de una revolución en la forma de concebir la educación universitaria, que terminará implantando lo que podrían llamarse cuarto, quinto, sexto ciclos, orientados hacia una formación permanente, a la vez compartida en red y muy solipsista. Todo ello en un mundo donde una de las habilidades más necesarias será la capacidad de adaptación proactiva a nuevos entornos de trabajo. De manera que el desafío sobre la formación de los ingenieros será enorme.

¿Qué tipo de institución puede satisfacer estos exigentes requerimientos? Un modelo interesante es el de la universidad agroalimentaria holandesa de Wageningen<sup>16</sup>, que se ha estructurado como una organización académica abierta y con muy amplias ambiciones. Verticalmente ha integrado la enseñanza propiamente universitaria con la profesional, mediante su asociación con la escuela superior de educación profesional Van Hall Larenstein; también la investigación académica con la investigación aplicada agroalimentaria que llevan a cabo otras instituciones del Estado, a las que ha integrado con ella en las distintas áreas funcionales de Wageningen UR, así como ha establecido alianzas estratégicas con algunas empresas privadas. Horizontalmente, extiende su ámbito no sólo a la agricultura y la alimentación, sino a la salud pública, los modos de vida y los comportamientos de los ciudadanos, así como a la gestión y humanización controlada del medio ambiente. Reconociendo así que todos esos campos de actividad tienen raíces comunes, formando parte del mismo sistema complejo.

¿Existe la oportunidad de intentar algo similar; más disperso geográficamente, en el entorno educativo de la lengua española? ¿Una universidad politécnica con énfasis en lo agroalimentario, lo doméstico y lo paisajístico, multidisciplinaria, multicentro, pero con una dirección y una estrategia comunes, que seleccionara sus estudiantes en todo el mundo de lengua española? Sin

duda que sí, pero habría que superar muchos obstáculos. En muchos aspectos organizativos, nuestras universidades siguen ancladas en paradigmas que están obsoletos. La intensidad de comunicación del mundo en que vivimos, los gigantescos recursos disponibles a muy bajo precio en las áreas del conocimiento y la formación, permiten pensar en un nuevo tipo de universidad más abierta y dinámica, construida en red. Gigantesca, abarcando áreas tan grandes como todo el mundo hispanoparlante y/o toda la U.E., con permeabilidad entre todas sus partes geográficas y sus especialidades, compartiendo *curricula* y recursos, totalmente intercomunicable. Donde haya sitio para la excelencia más alta pero también para la divulgación más local y para varios grados intermedios de conocimiento y capacitación, sin que se estorben unos a otros. Todo esto organizado de una forma estructurada y precisa, comprometida, que supere la frustración inevitable de lo que sólo se queda en muchas buenas intenciones y algunos amagos.

### **Desafíos de la ingeniería alimentaria**

Son muchos, tantos que referirse a ellos con un mínimo de rigor requeriría más espacio y tiempo de los aquí disponibles. Tampoco tendría mucho sentido intentarlo, pues de poco serviría crear una lista de desafíos, ya que lo que caracteriza a un verdadero desafío es la urgencia de una respuesta inmediata. Aun así, lo que limita muchas veces nuestra capacidad de afrontar desafíos es la dificultad de formularlos, por lo que tienen de insólito o novedoso, de manera que estando ya ahí, todavía no llegamos a verlos. Expondré algunos que para mí están suficientemente claros y tienen relevancia estratégica, aunque no cuentan todavía con una aceptación unánime.

### *Sostenibilidad del sector agroalimentario*

La ingeniería alimentaria tiene que poner más énfasis en la sostenibilidad de los procesos y productos sobre los que trabaja. Este problema no puede tratarse localmente, porque el concepto de sostenibilidad es global, afectando a ecosistemas de extensión muy amplia, incluso planetaria, requiriendo tratamientos difíciles de implantar, a no ser que las presiones del mercado obliguen a ello.

El concepto de sostenibilidad y su corolario, el desarrollo sostenible, se ha convertido en uno de los predominantes en las discusiones ecosocioeconómicas de nuestros días. De momento es un concepto polémico, que divide más que une, con los ecologistas de un lado y los industrialistas del otro. Se trata de algo complejo, que puede interpretarse de modos diferentes. Su naturaleza es sistémica, pues nació de la preocupación puesta de manifiesto en 1972 por el informe sobre los Límites del Crecimiento encargado por el Club de Roma a Forrester y su equipo del MIT<sup>17</sup>. Puede haberse utilizado a veces con cierto oportunismo, como sucede con todos los conceptos importantes, pero es indudable que viviendo como lo hacemos en un mundo limitado y siendo todas las cinéticas que nos gustan a los humanos de crecimiento positivo y hasta exponencial, la pregunta por la sostenibilidad de los sistemas complejos que estamos continuamente recreando es absolutamente pertinente. En su versión más generalizada, la sostenibilidad de sistemas en los que la actividad humana es un componente esencial se estudia en al menos tres dimensiones, ambiental, económica y social<sup>18</sup>, es decir, no se trata de un problema estrictamente ecológico.

En el sector agroalimentario, el problema de la sostenibilidad está aceptado como tal desde hace ya muchos años, al menos desde que en 1963 la FAO empezó a promover el desarrollo de variedades de alto rendimiento del maíz, arroz y otros cereales, a través de técnicas de mejora genética convencional, resultando en lo que se llamó Revolución Verde, ligada al nombre de Norman Borlaug. A medida que el análisis de la sostenibilidad del sistema agroalimentario mundial ha ido progresando y diferenciándose, ha empezado a emerger la necesidad de desarrollar estructuras sostenibles para los sistemas industriales alimentarios<sup>19</sup>. Desde esta perspectiva, el énfasis de la ingeniería alimentaria ya no está en el producto, objetivo final de la cadena de valor; sino en la sostenibilidad de lo que se ha llamado “cadena de suministro” (*supply chain*), así como en la sostenibilidad de los efectos colaterales que los productos alimentarios tienen, además del efecto principal de satisfacer los requerimientos del consumidor:

Así adquieren énfasis elementos de la cadena de suministro a los que nunca se les dio demasiada importancia técnica, como pueden ser: el transporte desde las fábricas hasta los centros de consumo, que utiliza casi en exclusiva un combustible fósil cada vez más escaso y caro; el material del

que están hechos los envases desechables, que en muchas ocasiones deriva en residuos no reciclables y por lo tanto contaminantes; los cuellos de botella logísticos entre grandes áreas de producción y grandes centros de consumo; el alto consumo energético y las elevadas mermas de producto en la fase doméstica de la utilización de los alimentos.

También se empiezan a tener en cuenta problemas que la industria alimentaria nunca consideró suyos, como el crecimiento constante de la frecuencia de obesos, a todas las edades, en las sociedades opulentas, particularmente en EEUU, consecuencia de un desacoplamiento entre los aportes nutritivos de los productos alimentarios y el ejercicio físico; o las tremendas dificultades que presenta la adaptación del sistema agroalimentario de las sociedades opulentas a una mayoría de la Humanidad que, habiendo entrado en una fase de desarrollo económico gracias al movimiento globalizador, mantiene altas expectativas de alcanzar una situación de abundancia, parecida a la que le transmite el mundo opulento a través de sus medios de comunicación.

Todos los principios de la Ingeniería Alimentaria mencionados en las primeras páginas de este discurso se ven afectados por el nuevo requerimiento general de sostenibilidad para los sistemas sobre los que aquélla trabaja. Para enfocar y resolver estos problemas, la Ingeniería Alimentaria tendrá que colaborar con otras especialidades que hasta ahora han estado alejadas de ella: Ingeniería Ambiental, Medicina Preventiva, Bromatología, Gastronomía, además de la mayoría de las ingenierías clásicas.

### *Ingenieros generalistas para la pequeña empresa alimentaria*

Uno de los vectores de diferenciación de las sociedades avanzadas ha sido el del aumento del tamaño medio de las empresas. En todos los sectores industriales, también en el alimentario, las grandes empresas desempeñan un papel central en la optimización de las cadenas de valor. Pero subsisten muchas empresas de tamaño pequeño, con roles indispensables en los ciclos productivos, que las hacen complementarias de las grandes; algunas son productoras de componentes esenciales de las cadenas de suministro, otras están especializadas en la manufactura casi artesanal de productos difíciles de fabricar pero con demanda y precios altos; otras, en

fin, se ocupan de consolidar las fases de I+D en el inicio de sectores productivos nuevos, como es el caso de la Biotecnología. Y en las sociedades que todavía se encuentran en una fase preindustrial, la poca industria alimentaria autóctona está basada en la pequeña empresa.

La ingeniería cervecera es un buen ejemplo de cómo ha evolucionado esta situación a lo largo del s. XX. Muy posiblemente, la fábrica de cervezas es la industria con mayor grado de presencia en todas las áreas de nuestro planeta, hasta en las islas más pequeñas, las selvas más cerradas o las latitudes más altas. Dada la complejidad del proceso de producción, en casi todas las fábricas de cerveza, por remota que haya sido su localización, la figura central ha sido el ingeniero cervecero, acompañado frecuentemente por un maquinista naval como jefe de máquinas y un maestro tornero como jefe de taller; capaz éste de recrear en pocas horas cualquier pieza rota de un mecanismo. He conocido algunos de estos ingenieros cerveceros, que han pasado años en regiones africanas de difícil acceso. Formados en la escuela de ingeniería cervecera de la universidad de Lovaina o en instituciones similares de Alemania o Reino Unido, sabían de todo, siendo capaces de enfrentar cualquier problema de ingeniería y muchos otros de naturalezas muy variadas. Con el paso de los años, tanto en Europa como en EEUU se ha producido en el sector cervecero un proceso de concentración que ha resultado en una mayoría de grandes fábricas. Pero subsisten a lo ancho del mundo muchos ingenieros cerveceros a la antigua usanza.

De manera que mientras que el mundo de los profesionales de la gran industria lo es de especialistas cualificados, el de la pequeña industria lo es de indispensables sabelotodos. Esto tiene que continuar siendo así en las sociedades menos avanzadas donde, en tanto no se desarrollen mercados de cierto tamaño, lo que lleva tiempo, muchas industrias alimentarias seguirán siendo pequeñas y de ámbito local. Pero también en las sociedades avanzadas están surgiendo continuamente muchas industrias pequeñas en el sector agroalimentario, que requieren personas al frente que sean algo más que ingenieros. Hay multitud de ejemplos: los establecimientos de hostelería con servicios de restauración importantes; las fábricas de precocinados en fresco para servir a la hostelería en grandes áreas metropolitanas; las redes locales de almacenamiento y transporte en frío de productos perecederos. Y adquirirán importancia creciente los pequeños

fabricantes de componentes de los productos alimentarios: biotecnólogos, fabricantes de aromas naturales o no, de reforzadores del sabor, de semiconservas muy especializadas.

Muchas de estas pequeñas empresas requieren de ingenieros que no sean especialistas, sino capaces de mantener en marcha, sea como sea, una línea de producción y la empresita que la sustenta. Y como se trata de un subsector esencial para el buen funcionamiento del sector alimentario en su conjunto, es importante que reaprendamos cómo hay que formar a sus ingenieros.

#### *Apertura a lo revolucionario de la tecnociencia*

Hay una revolución biotecnológica y genómica en marcha, a la que se ha incorporado plenamente la industria farmacéutica y se está incorporando con rapidez la agricultura. En lo que respecta a esta última, variedades transgénicas de distintos cereales y leguminosas se cultivan masivamente en muchos países, como EEUU, Brasil, Argentina, China e India, pese a que se mantiene la polémica sobre sus impactos ecológicos. La industria alimentaria duda, porque, sirviendo como sirve a una sociedad de consumidores, éstos no sienten la urgencia de avances técnicos demasiado revolucionarios desde esta dirección. Pero la incorporación es necesaria, aunque posiblemente tenga que seguir rutas no convencionales, es decir, no ligadas directamente a las empresas ni a los mercados existentes.

Las posibilidades de la transgénesis en la industria alimentaria tienen su mayor potencial en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*<sup>20</sup>, que reúne la doble condición de ser el microorganismo más importante en la fabricación de alimentos fermentados y uno de los sistemas biológicos mejor conocidos. *Saccharomyces* es el agente responsable de la fermentación de la cerveza, el vino y el pan. Considerando solamente la industria cervecera, la producción mundial anual de cerveza fue en 2005 de 1.600 millones de hectólitros, generándose unas 640.000 toneladas de peso seco de levadura como subproducto de la misma. El vino y el pan son más difíciles de cuantificar, por ser su producción mucho más dispersa, pero sus volúmenes son también enormes. Por otra parte, el genoma de *Saccharomyces* ha sido completamente secuenciado, su transcriptoma y su proteoma son

casi totalmente conocidos, y de su metaboloma se sabe mucho. Todas las técnicas de la ingeniería genética se aplican en *Saccharomyces* con facilidad. Las transformaciones que pueden hacerse de su genoma usando técnicas de ingeniería genética no presentan los interrogantes ecológicos de las que ya se han llevado a cabo con cereales y leguminosas.

En los años ochenta se hizo el primer experimento de transformación mediante ingeniería genética de la levadura cervecera con un objetivo industrial. Fue todo un éxito técnico, pero nunca se aplicó comercialmente. Se introdujo en la levadura cervecera el gen que codifica una amiloglicosidasa y que está naturalmente presente en una levadura silvestre, *Saccharomyces diastaticus*, pariente muy próximo de *Saccharomyces cerevisiae*. La expresión del gen era satisfactoria, todas las dextrinas no fermentables de un mosto de cerveza se convertían ahora en maltosa y glucosa, transformables a su vez en alcohol y CO<sub>2</sub>, de manera que era posible fabricar cervezas light, totalmente libres de hidratos de carbono y con un contenido calórico mitad del de una cerveza normal. No se llegó a la utilización comercial de esta levadura modificada por prevención de los fabricantes de cerveza, que prefirieron no abrir una polémica que ya bullía en el dominio de los cereales transgénicos.

Sin embargo, este y otros objetivos siguen formulados, y las técnicas para conseguirlos están disponibles, siendo además neutras desde un punto de vista ecológico, pues no hay transferencia de genes entre especies muy alejadas evolutivamente, ni acciones directas ejercidas sobre los ecosistemas naturales.

Hay varias razones que explican la pasividad de la industria cervecera. En primer lugar, las levaduras modificadas genéticamente proporcionan soluciones elegantes y limpias para la fabricación de buenas cervezas, pero no suponen una reducción importante de costes en la cadena de valor, donde los más importantes están en las materias primas y el proceso de envasado. En segundo lugar, los consumidores tienen más resistencia a aceptar innovaciones tecnológicas de esta naturaleza en el campo de lo alimentario que en el de lo farmacéutico o lo agrícola.

Pero el futuro está abierto a muchas promesas sorprendentes. Aun aceptando que la transformación genética de levaduras industriales no se lleve

a cabo si los objetivos de mejora se limitan al entorno tecnológico ya conocido, existen posibilidades revolucionarias de crear alimentos nuevos si se incorporan a las levaduras industriales genes capaces de introducir en los alimentos fermentados propiedades hasta ahora inexistentes, que los mejoren desde un punto de vista nutritivo y los doten incluso de capacidades beneficiosas para la salud. Las tecnologías para hacerlo están disponibles, y muchos de los conocimientos de base también. Pero los agentes que lleven a cabo estas transformaciones tendrán posiblemente que ser industrias nuevas, que empiecen desde cero y no arriesguen la imagen de unas marcas bien consolidadas a partir de productos y negocios que no tienen nada que ver con las innovaciones que puedan proponerse.

## CONCLUSIÓN

Termino ya. Desde una perspectiva histórica, el papel de la ingeniería ha sido construir, inventándolo, un mundo mejor para los humanos, más seguro y confortable. Que ha ido haciendo posible un margen cada vez más elevado de libertad individual, cambiando así profundamente nuestra forma de ver la vida. Lo ha conseguido basándose en los hallazgos científicos, aplicados a racionalizar, simplificar y optimizar el funcionamiento de todos los grandes sistemas complejos que nos rodean y de los que somos parte, de manera que se tornen más controlables y útiles.

Excmos. señoras y señores Académicos, señoras y señores, lo que me parece más estimulante de una Academia de Ingeniería como ésta, Real y Española, en la que tengo el honor de entrar hoy, es el hecho de que congrega a ingenieros que, en su condición de tales, practican especialidades muy distintas. Me estimula porque es una oportunidad para que, al integrar todo lo mucho que tenemos en común, descubramos posibilidades de hacer cosas nuevas juntos. En esa tarea, honrado por la distinción que he recibido, me pongo yo también desde hoy mismo.

Muchas gracias.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> Interesante revisión divulgativa de la biología olfativa en la web de Tim Jacob, Cardiff University. <http://www.cf.ac.uk/biosi/staffinfo/jacob/teaching/sensory/olfact1.html#>.
- <sup>2</sup> INE.
- <sup>3</sup> Informe FIAB 2007.
- <sup>4</sup> MAPA 2006. *Estadísticas de la industria alimentaria española*.
- <sup>5</sup> Ortega y Gasset, J., *Meditación de la Técnica*, Revista de Occidente, Madrid 1957 (3ª ed).
- <sup>6</sup> In vitro Meat Consortium, en <http://invitromeat.org/>.
- <sup>7</sup> <http://invitromeat.org/images/Papers/invitro%20meat%20economics%20study%20v5%20%20march%2008.pdf>.
- <sup>8</sup> Forage, et al.: *Beverage package and a method of packaging a beverage containing gas in solution*. United States Patent 4,832,968. May 23, 1989.
- <sup>9</sup> Comunicación personal de ejecutivos de A.T. Kearney.
- <sup>10</sup> Edward de Bono, *Surpetition*. Harper Collins 1996.
- <sup>11</sup> Sawka, M.N. et al.: *Human water needs.- Defense Technical Information Center, ADA435156, 2005*.
- <sup>12</sup> Martin Heidegger, "La pregunta por la técnica", en *Conferencias y artículos*, Serbal, Barcelona 1994.
- <sup>13</sup> En *La rebelión de las masas*, p. 143, Austral, Espasa Calpe 2007. La primera edición de este libro es de 1930.
- <sup>14</sup> Gilles Lipovetsky, *La felicidad paradójica. Ensayo sobre la sociedad del hiperconsumo*. Anagrama, Barcelona 2007 (traducción de la 1ª edición francesa, Gallimard, París 2006).
- <sup>15</sup> Peter Sloterdijk, *Normas para el parque humano. Una respuesta a la carta sobre el humanismo de Heidegger*, Siruela, 4ª ed. Madrid 2006 (de la 1ª ed. Alemana, Surhkamp, Frankfurt 1999).
- <sup>16</sup> Strategic Plan Wageningen UR 2077-2010. En <http://www.wageningenuniversity.nl/>.
- <sup>17</sup> Donella H. Meadows, *Limits to growth. The 30 years update*, Chelsea Green 2004.
- <sup>18</sup> *Life cycle-based sustainability indicators for assessment of the U.S. food system*. Martin C. Heller and Gregory A. Keoleian. The Center for Sustainable Systems, Report no. CSS00-04, Ann Arbor, Michigan, December 6, 2000.
- <sup>19</sup> Yakovleva N. et al.: "A sustainability perspective: innovations in the food system". Joint 4S/EASST Conference 2004, París.
- <sup>20</sup> Pretorius I. S. et al.: *Designer Yeasts for the Fermentation Industry*, Food Technol. Biotechnol. 41 (1) 3–10 (2003).

CONTESTACIÓN

EXCMO. SR. D. ENRIQUE CERDÁ OLMEDO

Excmos. e Ilmos. Señores, estimada audiencia:

Difícilmente imaginarán ustedes que el chaqué del personaje que acaba de hablarles esconde una quimera, no en el sentido figurado de la palabra, sino en el sentido propio de ente casi monstruoso compuesto por las piezas heterogéneas que ha ido labrando en él una vida polifacética. Conocí a Jaime Conde Zurita en Madrid, cuando compartimos mesa en un Colegio Mayor y maestros, pero no aulas, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Divergieron pronto nuestros caminos. Luego supe que, al terminar la carrera, Jaime Conde, como otros académicos aquí presentes, preguntó a Juan Santamaría Ledochowski qué hacer para ser un buen científico. Santamaría era el catedrático de Microbiología, famoso por la dureza de sus exámenes y por haber descubierto que los vinos de Jerez deben su primado mundial de calidad a una levadura del género *Saccharomyces*, como las que nos ayudan a hacer panes, vinos y cervezas, pero especial, la llamada "levadura de flor". Santamaría aconsejó a Jaime Conde, como a otros, que se fuera a trabajar a una empresa donde abordar problemas reales y le dijo que La Cruz del Campo, cervecera de Sevilla, estaba buscando quien lo hiciera.

La Cruz del Campo fue fundada por Roberto Osborne en 1904 en una ciudad en la que sólo se podía comprar cerveza en dos farmacias y se bebía templada, por consejo médico, como suplemento nutricional, algo así como el aceite de hígado de bacalao. La fábrica estaba donde estamos ahora y el campo vecino albergaba un regimiento de caballería. El fundador debió de ser un genio empresarial, porque uno de los trucos empleados para introducir la cerveza en el mercado fue regalarla fría a los jinetes sudorosos y polvorientos al acabar sus ejercicios.

Durante muchos años el nivel tecnológico de la empresa no sobrepasó mucho el del maestro cervecero alemán que había sido contratado para fundarla. La industria cervecera puede presumir de tradición científica. En

1883 el danés Emil Christian Hansen estableció un hito de la historia de la Microbiología: sus cultivos puros de levadura permitieron fabricar cervezas de personalidad fija, repetible, mientras otros productos de fermentación, como los vinos o las aceitunas de mesa, siguieron siendo impredecibles. Este éxito se debió quizá a la dedicación del matrimonio Jacobsen a su empresa, la Carlsberg de Copenhague, reflejada, entre otras cosas, en vigilar todos los días desde su ventana la entrada puntual de sus empleados a la fábrica, antaño en persona y ahora petrificados.

Entre los muchos éxitos de los científicos de la industria cervecera, cumple ahora cien años un ensayo estadístico, la *t* de Student. La empresa Guinness hacía poco que había empezado a contratar científicos, convencida de que la harían más competitiva, pero, a diferencia de Carlsberg, no permitió a su empleado William Sealy Gosset firmar con su nombre ni siquiera los resultados obtenidos fuera del trabajo y este tuvo que adoptar un seudónimo, que sacó del título impreso en su cuaderno de notas, *The Student's Science Notebook*.

Las levaduras, como seres vivos, están expuestas a enfermedades y los cerveceros, como humanos, a errores. Los fallos de las fermentaciones pueden ser ruinosos, porque si la empresa desabastece a sus clientes, aunque sea por poco tiempo, facilita la penetración de sus competidores. En 1968 Jaime Conde se incorporó al Departamento de Control de Calidad de Cruzcampo para evitar fallos de las fermentaciones y corregirlos si se producían. Su trabajo profesional fue también la base de su tesis doctoral, que fue supervisada someramente y presentada a la Escuela de Madrid por Juan Santamaría.

Volví a encontrarme con Jaime Conde poco después de mi llegada a Sevilla para poner en marcha el Departamento de Genética. La Universidad tenía una larga historia (ya ha cumplido quinientos años) y una pésima tradición científica. El tardofranquismo nos dio mucha libertad y poco dinero. Andábamos escasos de profesores y más aún de profesores que pudieran acercar los problemas del mundo real a los alumnos. Conseguí convencerle para que se encargara de la Microbiología industrial, asignatura que creamos especialmente para él, con un contrato que probablemente no le compensaba ni la gasolina empleada en venir a darla. Jaime Conde adquirió así una nueva personalidad, la de docente. Al principio, en el otoño de 1970, le

aterrorizaba hablar en público y no sabía cómo organizar sus clases, pero se sobrepuso muy pronto y se convirtió en uno de los mejores profesores que he conocido. El velo formal de la lectura de un discurso de ingreso no les habrá impedido entrever sus cualidades.

Se entusiasmó tanto con la enseñanza y con las posibilidades abiertas por la confluencia de la Genética y la Biología Molecular que decidió dedicarse exclusivamente a ellas, es decir, dejar la empresa y la situación desahogada que daba a su familia y marchar como modesto “postdoc” a Estados Unidos. En el verano de 1973 coincidí en Cold Spring Harbor, que entonces era poco más que una ermita campestre y al mismo tiempo lugar sagrado de la nueva Biología, con Gerald Fink, uno de los maestros de la genética de *Saccharomyces*. Envidiaba Fink los éxitos aportados por el estudio de los virus de las bacterias y soñaba con contribuciones parecidas de virus de levaduras. El lugar apropiado para buscarlos serían las fábricas de cerveza. Fue facilísimo convencer a Fink para que contratara a Jaime Conde en Cornell University y a este para que aceptara ser “Visiting Assistant Professor”. Lo difícil fue convencer a José Ruiz de Castroviejo, el director general de Cruzcampo, de que se iba para siempre y debía buscar un sustituto. Fuimos los dos a intentarlo: argumenté cuanto pude que su vocación científica era vitalicia e irreversible. Insistió Castroviejo en que mantendría el despacho vacío indefinidamente hasta que volviera, aunque contratara a otros para suplir su ausencia.

En sus dos años en Cornell, Jaime Conde estudió las partículas “killer”, semejantes a virus cuyo material genético es ARN bicatenario, pero su mayor éxito fue encontrar mutantes de la cariogamia (Conde y Fink, 1976). El ciclo diploide, sea en el género *Saccharomyces* o en el género *Homo*, implica la fusión de dos células haploides, muy similares en aquel y muy distintas en este (el óvulo y el espermatozoide), seguidas de la fusión de sus núcleos (cariogamia). Buscar mutantes, ejercicio al que soy muy aficionado, es como cazar gamusinos o basiliscos. Lo primero es imaginar su aspecto, su lugar de vida, sus necesidades y sus costumbres para poder encontrarlos, cazarlos y reconocerlos. Los genéticos de levaduras más famosos habían fracasado en sus intentos de aislar mutantes incapaces de fusionar sus núcleos. Jaime Conde lo consiguió porque anticipó mejor que ellos las consecuencias biológicas de la acariogamia y diseñó un buen procedimiento para encontrar unos mutantes muy poco frecuentes.

Cuando en un cruzamiento falla la fusión de núcleos se forman células heterocarióticas, dotadas de núcleos diferentes. Éstas, al multiplicarse, dan lugar a células similares, pero también a células homocarióticas, que se parecen por sus núcleos a los padres, pero su citoplasma es híbrido (heteroplasmas). La disponibilidad de estas células facilita experimentos que sin ellas serían difíciles o imposibles y ofrece un ensayo muy cómodo para averiguar qué fenómenos biológicos son regidos por los genes del núcleo y los genes del citoplasma (mitocondrias). Este éxito prestigió a Jaime Conde en la comunidad mundial de los genéticos de levaduras y abrió a la investigación los mecanismos moleculares de la cariogamia.

A su vuelta a España, en 1976, Jaime Conde fue en la Universidad de Sevilla profesor agregado interino de Genética, en dedicación exclusiva. (Los cuerpos de agregados y catedráticos, casi indistinguibles entonces, fueron fundidos pocos años después). Para prepararse a la inminente oposición dio toda la Genética general, además de cursos más especializados, despertando entre sus alumnos un entusiasmo que el tiempo no ha apagado todavía. También dio un curso sin precedentes ni continuadores, impartido sólo por él, un interino, a nueve catedráticos y profesores de investigación, encerrados durante tres días en un hotel con tanto encanto que no tenía teléfono en El Bosque, en la sierra de Cádiz. Entre sus alumnos estuvieron tres miembros actuales de esta Academia, presentes en esta sala, y dos de la Real Academia de Ciencias. ¡Tales eran el interés que despertaba la genética de las levaduras y la confianza depositada en el joven profesor!

Jaime Conde abandonó la Universidad tras un solo curso, sin esperar la oposición que tenía prácticamente ganada. Eran los años de la transición. Se sucedían huelgas y algaradas. Le desagradó particularmente que los revoltosos no sólo hicieran huelga de clases, sino que intentaran cerrar los laboratorios de investigación. Yo veía unas turbulencias pasajeras. Él anticipaba que las universidades no se arreglarían en los próximos treinta años. Él acertó y yo me equivoqué.

A fines de 1977 Jaime Conde regresó a Cruzcampo que, como había previsto Castroviejo, lo recibió con los brazos abiertos y la creación de un Servicio de Investigación y Calidad al que dedicó los diez años siguientes.

La investigación en una empresa debe producir sobre todo conocimientos útiles para uso interno, pero algunos resultados pueden verse desde fuera. El servicio de investigación destacó, por ejemplo, en gastronomía veterinaria, descubriendo cómo hacer que las vacas se coman con fruición las levaduras quitadas a la cerveza, y desarrolló nuevos productos, como una cerveza con muy poco alcohol, líder de su mercado durante muchos años, una mezcla de cerveza y limonada, variedades de cebada adaptadas a la agricultura regional y convenientes para la empresa y levaduras que consumen el almidón y producen cerveza de pocas calorías. Su trabajo se puede calificar de “evangélico”, porque rindió el ciento por uno, o más. Convencido de que no se puede hacer buena investigación aplicada sin excelencia científica, estableció colaboraciones con el Centro de Biología Molecular de Madrid y con la Universidad de Sevilla y participó en trabajos pioneros, como la secuenciación completa del cromosoma III de *Saccharomyces*. Jaime Conde y su colaborador José Luis Molina encontraron en el Atlas marroquí *Hordeum spontaneum*, el antecesor silvestre de la cebada cultivada, lo que sugiere domesticaciones independientes en el Maghreb y en el Mashrek.

Todas estas actividades no le impidieron seguir en contacto con la Universidad, dando cursos relacionados con sus intereses intelectuales y dirigiendo las tesis doctorales de Julio Polaina, ahora en el CSIC en Valencia, Marco Antonio Delgado, al que podrán escuchar ustedes en la sesión científica de mañana, y Alberto Casas, ahora en González-Byass. Tuvieron renombre internacional los cuatro cursos *Genetics and Molecular Biology of Yeast* que organizó entre 1978 y 1981 con Carlos Gancedo, un excelente bioquímico de levaduras del CSIC. Sigue participando en un curso de postgrado sobre *Empresas biotecnológicas*.

En 1988 Jaime Conde, que ya formaba parte del Comité de Dirección de su empresa, devino Director General y miembro del Consejo de Administración de La Cruz del Campo y, junto con Castroviejo, la convirtió en el primer grupo cervecero español. En 1992 La Cruz del Campo fue vendida por sus propietarios a Guinness y Jaime Conde pasó a ser, hasta su jubilación anticipada en 1999, Director General de Planificación Estratégica y miembro del Consejo de Administración del nuevo grupo Cruzcampo y tuvo que pilotar el difícil proceso de adaptación de tradiciones y mentalidades. En la actualidad, como habrán notado ustedes, Cruzcampo

forma parte del grupo Heineken, otra empresa de larga tradición, puesto que fue fundada en Amsterdam en 1863.

Jaime Conde tiene también una vertiente que podría llamar diplomática, como organizador o participante activo de grupos de intercambio de tecnología de ámbitos español (Asociación de Investigación de Cerveza y Malta), europeo (European Brewery Convention) y mundial (BeerTechnical Consortium).

Aficionado desde siempre a las cosas del mar, Jaime Conde ha navegado con una sucesión de veleros, a veces en viajes largos, entre los que se incluye la travesía del Atlántico por Canarias y Cabo Verde y el regreso por las Azores. Su vida de marino ha dado lugar a varios libros de estampas y relatos y a una gran novela, *Hacia las Antillas*, que es a la vez un ramillete de narraciones cruzadas, un diario de la travesía de una nao de Sanlúcar a Santo Domingo, entre la fiesta de Santiago Apóstol y la de la Exaltación de la Cruz de 1530, una disección de la sociedad de la época y un tratado de navegación que espero plazca a nuestros ingenieros navales.

Les animo a leer el texto completo del Discurso, del que hoy han escuchado menos de la mitad. Jaime Conde demuestra en él su capacidad para elevarse muy por encima de la mesa de su despacho, otear horizontes distantes de su vivencia directa y hacérselos comprensibles. Su carácter amable y sutil, que en su trato aparece a través de un doble filtro de cortesía gaditana e inglesa, evita instintivamente las confrontaciones. No encontrarán en él un deje amargo ni una nota fuera de tono.

Como creo que las tartas de almendras mejoran si tienen algunas amargas, déjenme añadirles a la sesión. Es curioso que las estadísticas oficiales de España y de muchos otros países sumen los alimentos, las bebidas y el tabaco sin que parezca protestar nadie. Las industrias tabaqueras, cuando ya sabían los efectos letales de sus productos, les añadieron ingredientes que los hicieron más adictivos y mintieron en su publicidad. Ha sido la mayor matanza de la Historia; Hitler, Stalin y Mao pasan a una segunda división de la maldad. La misma mentalidad, a otra escala, existe en muchas empresas alimentarias, que se resisten a dejar de emplear componentes nocivos, como la margarina y los nitritos, abusan de la sal, presumen de

efectos saludables imaginarios y, en general, alejan a sus clientes de las dietas sanas. No faltarían temas a un hipotético Instituto de Patología Empresarial, estrechamente asociado a un Instituto de Patología Política, cuya fundación parece más necesaria que nunca en estos días de crisis social y económica.

La sostenibilidad plena es ilusoria, porque es incompatible con la evolución, pero al menos la industria alimentaria usa materias primas renovables. El suministro de alimentos no sólo es suficiente, sino holgado. Las dificultades que sufre una minoría de la humanidad, estimada en un octavo de la población, se deben a disfunciones sociales, sobre todo violencia, y no a escasez global. Al resto más nos amenaza la obesidad que el hambre.

La cosecha mundial de cereales, que la FAO calcula en algo más de 2 petagramos al año, aporta unos 11 megajulios por persona y día, que es más de la energía que necesitamos, y también más de las proteínas. Todos los demás alimentos, aún tomados en conjunto, serían insuficientes. Así, entre leguminosas y oleaginosas no llegan a un tercio del valor energético de la producción mundial de cereales; los azúcares (descontados los de cereales), la décima parte; todos los productos animales juntos, la vigésima parte; las papas, la centésima parte. El hombre es un animal granívoro.

Entre un tercio y la mitad de la cosecha mundial de cereales y más de la mitad de la de soja se dedican a piensos. Cabría esperar que no fuera así tras la sustitución de los animales de silla y tiro por motores mecánicos, pero ha ocurrido un cambio histórico que debería parecernos sorprendente: ahora los piensos se dedican masivamente a la producción de carne y, en menor escala, a animales de compañía. El consumo de productos animales crece en todo el mundo; sobrepasa ya muy ampliamente las posibilidades de la caza, la pesca y el pastoreo, operaciones tradicionales que nos permitían aprovechar materiales biológicos, como el plancton marino y la hierba de los prados, casi incomedibles para nosotros.

La transformación de piensos en alimentos es un despilfarro, ya que aprovechamos sólo un décimo de la energía y de las proteínas consumidas por los animales. La preocupación por el hambre en el mundo debe empezar por la renuncia a los productos de la estabulación y la acuicultura. Como comemos mucha más carne, e incluso pescado, de lo que con-

viene a nuestra salud, disminuir su consumo sería bueno para nosotros, disminuiría la contaminación por productos agroquímicos y liberaría alimentos para los demás. La agricultura actual, sin mejora alguna, podría alimentar a más seres humanos de los que se cree que van a vivir simultáneamente en el futuro anticipable. Bastaría disminuir drásticamente el número de animales domésticos y domesticados.

El éxito numérico de nuestra especie se debe sobre todo al desarrollo de dos técnicas, agrícola y culinaria. Salvo raras excepciones, como la de las frutas, los seres vivos no han evolucionado para ser devorados cómodamente; más bien para lo contrario: ser indigestibles y aun venenosos es una garantía de supervivencia. La ingeniería genética, en su forma más sencilla, la selección, y la tecnología alimentaria, en su forma más sencilla, la cocción, han hecho más digestibles a muchos alimentos y han eliminado los tóxicos de otros. Puedo argumentar que han hecho ingeniería genética las termitas, las hormigas y otros animales (no he dicho que conscientemente), pero la cocina me parece el carácter más exclusivo de nuestra especie, el sello más claro de la hominización.

Éxitos ejemplares de nuestra ingeniería genética primitiva son las variedades "dulces" de almendra y mandioca (tapioca, casava, yuca, o como llame cada cual a *Manihot esculenta*), libres de ácido cianhídrico. Éxitos recientes son las variedades de colza sin ácido erúxico y las almortas (yeros, titos, o como llamen en cada comarca a *Lathyrus odoratus*) libres de  $\beta$ -aminopropionitrilo. Espero que el uso de las nuevas variedades indias nos permita comer unas buenas gachas de almortas tantas veces como queramos, sin atraer sobre nosotros la parálisis y la muerte.

El maíz me parece el mayor éxito antiguo de la combinación de ingeniería genética y tecnología alimentaria. Además de obtener la planta agrícola de una silvestre, el teosinte, tan diferentes entre sí que costó trabajo admitir su parentesco, los indígenas americanos inventaron la nixtamalización, una técnica compleja que mejora el valor nutritivo y la digestibilidad del grano y le añade calcio asimilable. Sorprende que consiguieran optimizar varios parámetros, como la concentración de cal viva, las temperaturas y los tiempos de incubación, sin las técnicas analíticas para niacina y aminoácidos que nos han servido ahora para comprobar que lo hicieron.

Muchas culturas han oscilado en su aprecio de las técnicas alimentarias. La alta gastronomía ha dejado ver, por ejemplo en los imperios romano y francés, una absoluta falta de curiosidad por los sabores naturales de los alimentos, hasta el punto de causar avitaminosis. Otras veces, por ejemplo, la del Japón del movimiento zen, prefiere tomar los alimentos vivos, no sólo frutas y verduras, sino también animales. Por lo que hemos oído esta tarde, cabe pronosticar que vamos hacia una tecnología alimentaria compleja.

Se puede aplicar a Jaime Conde lo que él escribió de uno de sus personajes de ficción: "desde que había llegado ya estaba iniciando la partida". Bienvenido a la Academia, donde queremos aprovechar tu espíritu inquieto para hacer muchas cosas juntos.

Permítanme terminar agradeciendo a la Real Academia de Ingeniería mi designación para contestar el magnífico Discurso de Ingreso del Excmo. Sr. Dr. Jaime Conde Zurita.

#### PUBLICACIONES CITADAS

Conde J y Fink GR (1976) "A mutant of *Saccharomyces cerevisiae* defective for nuclear fusion". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 73, 3651-3655

Conde J (2006) *Hacia las Antillas*. Belacqva, Barcelona, 598 pp.

Hansen EC (1883) "Recherches sur la physiologie et la morphologie des ferments alcooliques V. Méthodes pour obtenir des cultures pures de *Saccharomyces* et de mikroorganismes analogues". *Comptes Rendus des Travaux du Laboratoire Carlsberg* 2, 92-110.

Student (1908). "The probable error of a mean". *Biometrika* 4, 1-24.