

El Infierno, la Ingeniería de Procesos y el Paraíso

Prof. Mario Díaz (FIChemE)
Facultad de Química
Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del
Medio Ambiente



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



D. Legal: AS 1300-2020

I.S.B.N.: 978-84-17445-91-1

Imprime: Servicio de Publicaciones.

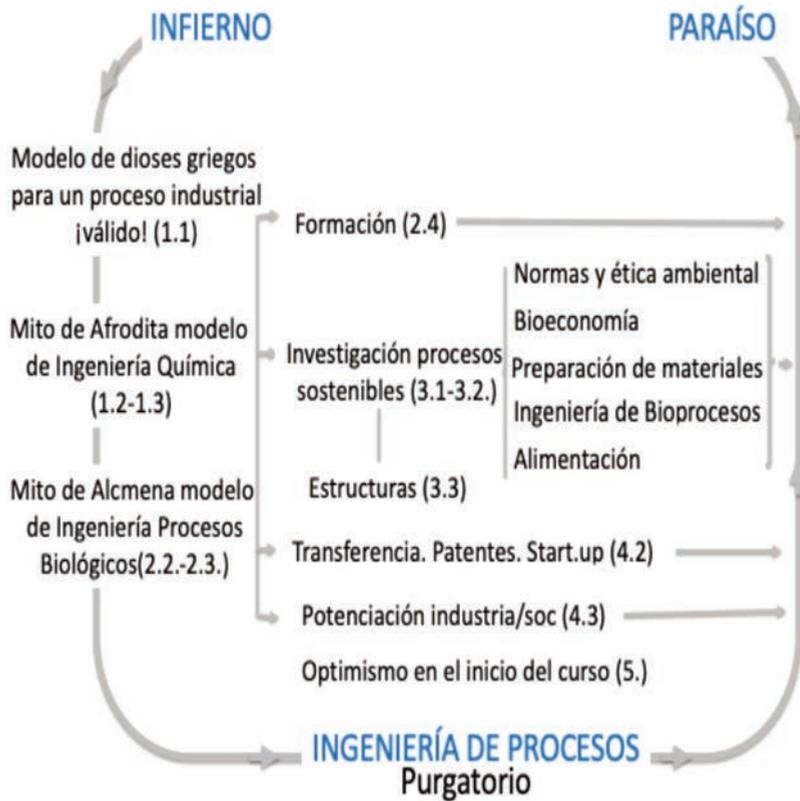


El Infierno, la Ingeniería de Procesos y el Paraíso

Prof. Mario Díaz (FIChemE)
Catedrático de Ingeniería Química
*Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del
Medio Ambiente
Facultad de Química
Universidad de Oviedo*



Resumen Gráfico



| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS..... | 8 |
| 1. MITOS DE GRECIA Y LA INGENIERÍA DE PROCESOS | 8 |
| 1.1. Los mitos de Grecia como modelos para el presente tecnológico | 9 |
| 1.2. El mito de Afrodita como modelo para la Ingeniería Química | 11 |
| 1.3. Historia para las personas interesadas en la Ingeniería Química..... | 12 |
| 2. ALGUNAS TENDENCIAS: DE PROCESOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS..... | 16 |
| 2.1. Los productos, las industrias y las ingenierías evolucionan..... | 16 |
| 2.2. Ingeniería de Procesos Biológicos | 17 |
| 2.3. El Mito de Alcmena como modelo para la Ingeniería de Bioprocesos | 19 |
| 2.4. La Formación se va haciendo cada vez más compleja..... | 20 |
| 3. SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN..... | 21 |
| 3.1. Investigación en Ingeniería Química/de Procesos | 21 |
| 3.2. Un poco de concreción con temas de investigación personales | 22 |
| 3.3. Otras consideraciones. Trascendencia de la investigación..... | 29 |
| 3.4. Algunas estructuras para la promoción de la Ingeniería de Procesos..... | 31 |
| 4. INTERÉS EN LA POTENCIACIÓN DEL ENTORNO..... | 32 |
| 4.1. Trabajar con estrategia | 32 |
| 4.2. La necesidad de encontrar aplicaciones en la sociedad..... | 33 |
| 4.3. Interés en contribuir a la potenciación de la sociedad industrial y de servicios...34 | |
| 5. ACABANDO ESTA PRESENTACIÓN | 36 |
| 5.1. Optimismo en el inicio de curso | 36 |
| 5.2. Consideraciones finales | 37 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 38 |
| CONSULTAS Y BIBLIOGRAFÍA | 39 |





*«O human race, born to fly upward, wherefore at a little wind dost thou so fall?»
Dante Alighieri. Purgatorio Canto XII, *The Divine Comedy**

INTRODUCCIÓN

*Sr. Rector Magnífico,
Excmo. Sr. Presidente del Principado de Asturias, Autoridades,
Miembros de esta Universidad,
Queridos amigos, señoras y señores:*

«La senda que lleva al Paraíso comienza en el Infierno» decía alrededor de 1320 Dante Alighieri (1265-1321) en la *Commedia*, unas décadas antes del año 1347 de la *Yersinia pestis*. Después vino Sandro Botticelli a retratar el Infierno, el Purgatorio y el Paraíso. El contexto era muy diferente del que ahora nos toca vivir, aunque las figuras poéticas de tránsito son importantes para el desarrollo social, cualquiera que nos acompañe en el mismo, sea Virgilio o Beatriz.

Pero la Historia continuó, la peste acabó en 1353, los Reyes Católicos reorganizaron España, se funda la Universidad de Oviedo en 1608 después de mucho papeleo administrativo, y 300 años después se funda la Sociedad Americana de Ingeniería Química. Antes los británicos habían desarrollado la eolípila de Alejandría creando la máquina de vapor; hace casi 20 años Fukuyama anunció el final de la Historia, y hace 6 meses nos dicen que parece que empieza una nueva Historia. Mis condolencias hacia quienes no la verán y mi agradecimiento a quienes han hecho posible que nosotros estemos aquí.

Ahora están ustedes atendiendo esta lección inaugural que imparto en representación de la Facultad de Química, lo que les agradezco cordialmente. Quiero recordar a todos los que me antecedieron en esta labor, y por supuesto al último profesor de la Facultad de Química que me antecedió en esta presentación, a José Barluenga fallecido el 7 de septiembre de 2016, sin duda una de las personas de nuestra Facultad más reconocidas en los últimos 40 años. También quiero recordar a todos los profesores fallecidos de la Facultad, y en particular a los profesores posteriores al año 1940 de los que somos deudores directos en mi generación. Durante años, muchos de esos profesores mantuvieron un reconocimiento nacional, en ocasiones internacional, y produjeron un gran impacto en la industria regional, en una época en que ésta representaba un envidiable porcentaje de la nacional, y en que no se recibía financiación pública para investigación.

PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS

Cuando en el año 1976 hice el curso de aptitud pedagógica, CAP, lo primero que nos indicaban era que antes de empezar cualquier lección había que conocer a los alumnos para ver qué impartir. Diré, como no puede ser de otra forma, que la calidad de los alumnos que tengo hoy es extraordinaria, todos con una gran formación, aunque con una diversidad de base e interés difícil de igualar. Procuraré adaptarla a los intereses de todos los presentes, consciente de esta imposibilidad, incluso después de casi 45 años de docencia por varias universidades, finalizado el curso del CAP.

Quiero hacer un breve comentario sobre la importancia del profesor, en particular la posibilidad de contribuir a la sociedad con algo que va a quedar, y que es tan importante como el futuro. El profesor da una organización de su campo, presenta lo que se sabe, señala lo que aún no se conoce bien, el valor de lo que se va a presentar y la aplicación que tiene todo ello. Esta es una especie de «relato», muy importante porque indica las líneas gruesas, lo que va a quedar después de pasados los años, así como también dónde y cómo buscar los detalles. Esos detalles los buscará el alumno más tarde en las numerosas fuentes disponibles. No solo ser relator señala la importancia del profesor, otro gran lujo es poder estar con jóvenes, que son los que vienen con nuevas energías y ganas de modelar el futuro.

Así pues, gracias a todos por vuestra asistencia, en particular a aquellos para quienes no era obligatoria. Aunque Dante dejó escrito «Aquel que escucha bien, toma apuntes», entiendo que es difícil tomar notas, sobre todo para los revestidos, así que lo tenéis en papel y en la web. Ya sabéis, que como tampoco es una Tutoría Grupal (TG) no tiene evaluación directa. El primer día de clase suelen presentarse los objetivos, la historia de la materia, hasta dónde se pretende llegar, y para qué se piensa que sirve la asignatura. Así que aquí, ¿qué es y para qué sirve la ingeniería de procesos, y en particular de los procesos biológicos?

1. MITOS DE GRECIA Y LA INGENIERIA DE PROCESOS

Vamos a hablar de Ingeniería de Procesos, como sinónimo de Ingeniería Química, término usado frecuentemente en las empresas de ingeniería, y no de un solo proceso excluyendo los demás, sino de todos los

procesos que contribuyen a aportar bienes para mejorar la vida de todas las personas en un contexto de sostenibilidad del planeta. El concepto de procesos nos lo están copiando.

1.1. Los mitos de Grecia como modelos para el presente tecnológico

La historia de la conversión de agua del Nilo en sangre, o del agua en vino son solo algunos de los «procesos» que no han sido suficientemente explicados. Entre ambos, los griegos, creadores de grandes leyendas han contribuido con numerosas propuestas de comportamientos, relaciones y desarrollo de fenómenos. Estos modelos de comportamiento, algunos, pocos, con final feliz, los llamaríamos sistemas estables, mientras otros son auténticas tragedias, como una especie de sistemas no estables incluso ante perturbaciones de muy pequeño valor. Podemos así ver tentativamente la aplicación de la mitología griega a un sistema industrial como es el control de procesos.

La dinámica de un proceso como el del alma humana resulta muy compleja, por tanto, difícil de analizar, y con frecuencia incapaz de amortiguar las perturbaciones exteriores. Los dioses griegos en lugar de calmar, redirigir o amortiguar los problemas eran auténticos incendiarios, generadores de perturbaciones. Los cambios que se producían en la historia fueron analizados y contados, en particular por Homero. Los propios dioses veían en qué diferían de lo que era su interés, decidían qué hacer como una especie de controladores, y finalmente los héroes actuaban para ajustar el proceso. En realidad, el sistema estaba mucho menos diferenciado, y algunos hacían de todo. El resultado era que los errores no eran corregidos completamente por el conjunto de controlador-actuador, como lo hacen los equipos actuales de la industria. No obstante, la analogía mostrada en la Figura 1 resulta de interés para mostrar las buenas similitudes entre ambos sistemas.

Quizás no obstante también pudiera considerarse el sistema de los dioses como algo mucho más avanzado. Como si ellos fuesen los primeros analistas, sometiendo a los procesos humanos a tensiones, aprendiendo estos de esa historia, y sirviendo para modificar el propio comportamiento humano. Así se produciría un impacto en el proceso a largo plazo, que algunos dicen podría haber llegado a la conformación de nuestra sociedad europea.

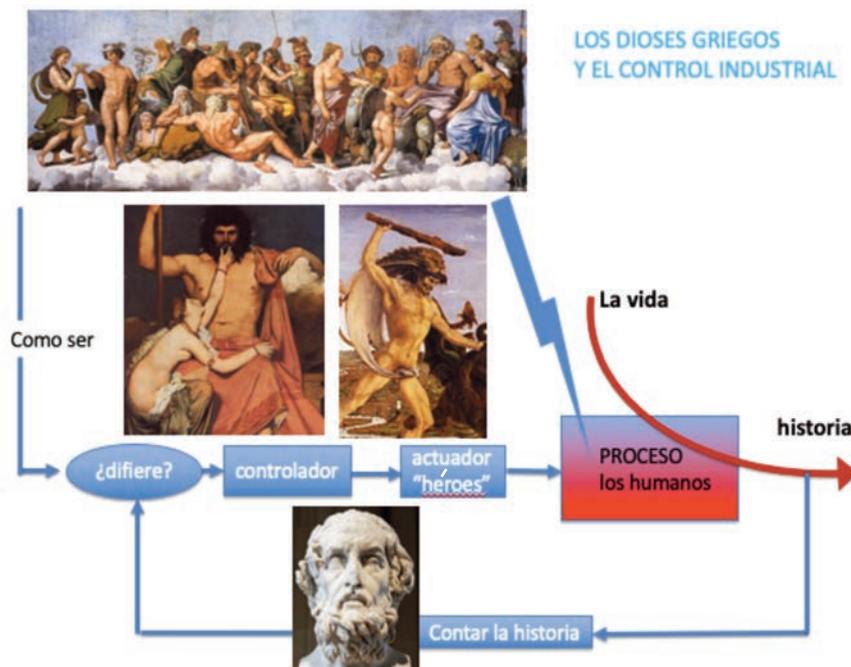


Figura 1. Los humanos, los dioses griegos, y el control retroalimentado (Figuras: *La asamblea de los dioses recibe a Psique*, (Rafael) 1518-1519; *Tetis suplica a Zeus por la vida*, (J. A. D. Ingres 1811); *Hércules y la Hidra*, Antonio Pollaiuolo, alrededor de 1475; *Homero Caetani*, Louvre, copia II siglo B. C.)

Los mitos griegos han sido siempre una fuente de inspiración para la literatura, la pintura o la escultura, y como se ve pueden serlo también para la industria. Las historias de los mitos permiten muchas analogías, resultando maravillosas como fuente para ver qué pasa o puede pasar, incluso como un modelo de predicción. Así podríamos cambiar el enfoque clásico de pensar de qué mito somos deudores, por otro que diga dónde se puede aplicar ese mito. Entonces, ¿por qué no también un mito como modelo para la Ingeniería Química o de Procesos?

Para analizar la evolución de la Ingeniería Química, me parece que se puede utilizar como modelo en forma razonablemente adecuada el mito de Afrodita.

1.2. El mito de Afrodita como modelo para la Ingeniería Química

Se le achacan a Afrodita, Venus en la mitología romana, dos posibles genealogías. En la más extendida nació como mujer adulta de la espuma del mar, de los genitales de Urano arrojados al océano por Cronos en la Guerra de Titanes. Es la diosa nacida de las olas, la primavera cubrió su desnudez vistiéndola, y después los vientos Céfiros la guiaron a la morada de los Inmortales (Figura 2).



Figura 2. *El nacimiento de Venus*: por Sandro Botticelli (1482-1485) y por Alexandre Cabanel (1863)

Como diosa del amor y de la belleza, se contaron muchas andanzas suyas, por algunos que se dicen enterados de su tiempo como Platón y Homero. Algo se dice de los líos con Efestos (dios del fuego), y con Ares (dios de la guerra) de quien tuvo tres hijos, entre ellos Eros. Además, con Anquises tuvo a Eneas, que fue un gran viajero, y sus descendientes Rómulo y Remo fundaron Roma. Tuvo muchas disputas con otras mujeres, así a Aurora la castigó a que amase a Orión para separarla de Ares, y también se dice que fue culpable del inicio de la guerra de Troya.

La segunda de las genealogías indica que era hija de Zeus y Dione. Elegir entre dos teorías religiosas suele resultar complejo y a veces peligroso, incluso con las politeístas. Así que como es difícil continuar con las dos, seguiremos con el primer modelo más extendido, que han difundido de forma muy bella un buen número de pintores y escultores.

Como se ve, los mitos resultan cautivadores, brillantes, y suele ser un poco descorazonador mirar la realidad; lo mismo que al comparar los

modelos matemáticos con los experimentos. Parece ahora adecuado contrastar el modelo presentado del Mito de Afrodita con la realidad, en este caso de la Ingeniería Química, y en particular con su paso hacia ingeniería científica.

1.3. Historia para las personas interesadas en la Ingeniería Química

Los «datos experimentales» se han recogido de la experiencia a lo largo de más de cien años, así que no he podido seguir personalmente toda la experimentación. Dada la abundancia de datos se han seleccionado los que me han parecido más clarificadores, en todo caso de razonable invariancia. Un resumen de los mismos se señala en la Figura 3, mucho menos artística que la anterior Figura 2.



Figura 3. Algunos datos experimentales de un siglo, con la visión de la historia de la Ingeniería Química

Como se puede ver en esta Figura 3, la Ingeniería Química (IQ) presenta también una doble y clara genealogía, como Afrodita. Además,

vale tanto para Estados Unidos inicialmente, como después de 40 años en Europa, o 60 años en España. Es la aparición de Afrodita en la espuma del mar.

De forma simplificada, hay una industria química que se desarrolla a partir de la industria e ingeniería mineras, con una contribución importante, por ejemplo, de energía, explosivos o fertilizantes. Hay otro camino que es la industria que procede de la ciencia química de principios del siglo XIX, avanzando de forma rápida la orgánica a finales de siglo. A finales del XIX y el primer tercio del XX se establece una estructura global para lo que se va entendiendo como sector, y se describen tanto las industrias como las operaciones utilizadas. Los genealogistas hablan de varios iniciadores, entre ellos el MIT y Manchester. Se incorpora entonces la necesidad de hacer cálculos cuantitativos, y los balances de materia y energía como etapa en el desarrollo de la ingeniería. Posteriormente, se van introduciendo diversas contribuciones, por ejemplo los procesos de interfase, y otros procedentes de la química física como la cinética química, incorporándose a una mayor cultura de las publicaciones científicas. El resultado de la 2.^a Guerra Mundial muestra el camino desde el carbón hacia el petróleo. El reconocimiento en Estados Unidos de la importancia de las contribuciones de los profesionales de este ámbito anima, por un lado, a liberarse de anteriores enfoques y, por otro, a la búsqueda de un campo propio.

Las ingenierías han solido aparecer como un aprovechamiento de recursos, empujado por algunos procesos disruptivos y necesidades sociales. Era evidente la necesidad de su valoración en forma cuantitativa, en lo que suele denominarse etapa de los balances. Con el paso del tiempo, la incorporación de las universidades y las ciencias básicas, se transforman de Ingenierías Cuantitativas en Ingenierías Científicas. Algunas ingenierías han hecho este paso rápido, otras más recientemente. En los años cincuenta, los antecedentes históricos indicados preparan este paso para la Ingeniería Química, incorporándose como disciplina la física con más fuerza.

La creación de la revista *Chemical Engineering Science (CES)*, en octubre de 1951 (Butterworths) fue importante en la transformación de la Ingeniería Química en Ciencia, no solo por el nombre. Al involucrar a editores sobre todo de Reino Unido, Holanda, Francia y Estados Unidos (con la importante colaboración de Neal Amundson) contribuyó a la glo-

balización de la estructura y concepción de la Ingeniería Química que había comenzado en Estados Unidos. Esta concepción es la que hemos tratado de desarrollar en las últimas décadas en España.

Peter Danckwerts que había estudiado Química, y se formó después en el MIT, fue el primer editor en jefe de CES entre 1958 y 1982 (Figura 4). Se pueden señalar muchos profesores como iniciadores y creadores de la Ingeniería Química, o con nombre análogo como Ingeniería de Procesos. Pero para mostrar algunos objetivos y enfoques, en particular la transformación en ciencia y asimismo por mi conocimiento, haré hincapié en la contribución de Peter. Al tiempo quiero hacerle un pequeño homenaje personal.

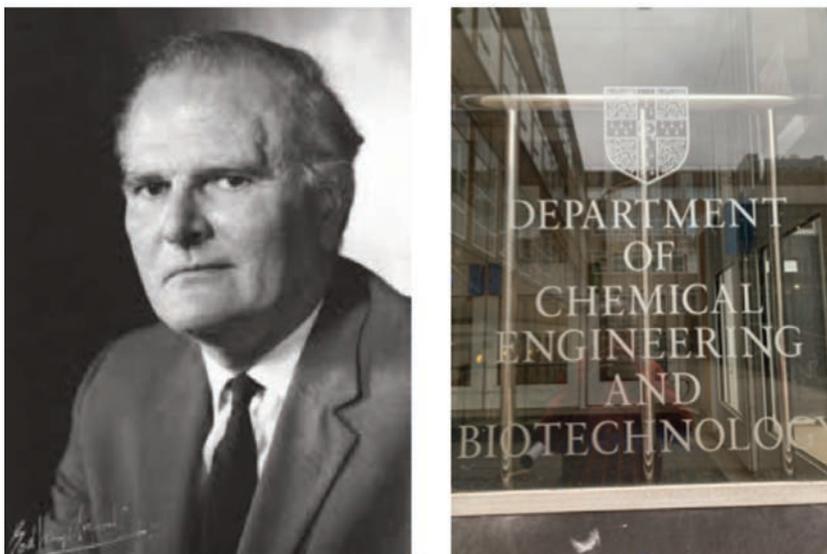


Figura 4. Fotografía del Profesor Peter V. Danckwerts (1916-84). Edificio en ese tiempo y nombre actual del Departamento, en la Universidad de Cambridge

En el año 1953 en que se descubrió la doble hélice dicen que alrededor del *pub* Eagle, año también importante para mí, Danckwerts publica en CES uno de los artículos de quizás mayor impacto para la Ingeniería Química, sobre la Forma de Flujo en Procesos, introduciendo el concepto de Distribución de Tiempos de Residencia. Hasta entonces la mayoría de los avances se habían realizado en términos de transportes de interfase, entre

fluido y pared, o entre zonas/fases de diferentes temperaturas o diferentes concentraciones. Estos desarrollos habían sido tratados teóricamente por ingenieros mecánicos o energéticos, y químico-físicos. Se transportaba, pero no había un enfoque global para analizar los procesos, la eficacia en los mismos de cambios de concentraciones o temperatura, sin o con reacción, que dependen de la forma de flujo. En palabras recientes del Prof. Colin Webb, "otros ingenieros transportan, los ingenieros químicos procesan". El trabajo de Danckwerts contribuyó precisamente al análisis de los procesos, reactores, equipos de transferencia de materia o de energía. Y esto ya es diferente a lo que hacían otras ingenierías que trataban solo los fenómenos de interfase. La transformación de la Ingeniería de Procesos, y la asimilación de los Fenómenos de Transporte (FT) como propios para Ingeniería Química, que habían desarrollado otras áreas, dio soporte a la reivindicación de la Ingeniería Química como ingeniería científica independiente. Sin duda Danckwerts ha tenido un papel clave en esta conversión de la Ingeniería Química en ingeniería científica.

Peter Danckwerts después de haber estado en el MIT a finales de los años 40, pasó por la Autoridad Nuclear de UK, por el Imperial College (1956) y finalmente se incorporó a la Universidad de Cambridge a partir de 1959. Son interesantes un buen número de sus puntos de vista que han tenido cierta trascendencia en algunos campos de la Ingeniería Química. Solo como ejemplo aquí, promovía una «combinación imaginativa de matemáticas simples con una mirada profunda en las realidades física y química». Comentaba también incluso, que una educación altamente matemática no promovía la innovación industrial. Pero sobre todo era una persona afable, amante del vino y el coloquio con jóvenes investigadores.

Como conclusión, cuando se compara la Ingeniería Química con el modelo o mito de Afrodita, hay también dos posibles genealogías, partiendo de la Química o de la Ingeniería. Surge de forma repentina, del océano de diferentes procesos industriales, a partir de conocimientos de Física y Química, arrojada por académicos en la guerra de las áreas de conocimiento (la guerra de Titanes). Como Afrodita ha tenido muchas andanzas o interacciones con otras áreas como se señala en la Figura 3, así como numerosos descendientes. Los vientos Céfiros de la 2.^a Guerra Mundial la transformaron en una disciplina científica, guiándola a la morada de las áreas inmortales. Quizás aquí la palabra inmortales sobra, pero resulta poético.

El modelo o mito de Afrodita (o Venus), parece pues mostrar un buen ajuste con la evolución de la Ingeniería Química. Se ha podido así dar una aplicación a un modelo que llevaba cerca de tres mil años sin aplicar en el campo de las ciencias experimentales, y que quizás pueda servir para extrapolar otros fenómenos.

2. ALGUNAS TENDENCIAS: DE PROCESOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

2.1. Los productos, las industrias y las ingenierías evolucionan

Los productos que exige la sociedad van cambiando de forma cada vez más rápida, así lo hacen las industrias, y en consecuencia la formación que la universidad debe proveer para hacerlas funcionar. Heráclito decía hace 25 siglos «Del uno el todo y del todo el uno; el cambio es lo único inmutable en el mundo». Pero no son solo los nuevos productos los que promueven la modificación de los enfoques de las ingenierías. Los movimientos y orientaciones sociales influyen cada vez más en la definición de los alcances y objetivos de cada ingeniería.

Desde hace décadas se están produciendo algunas tendencias generales en las ingenierías:

1. Una es la aproximación a las disciplinas científicas, como se ha dicho con el objeto de estudiar y explicar los fenómenos, constituyendo también uno de los recursos para la innovación y para lograr nuevos desarrollos (*Aproximación a áreas científicas*).

2. Otra es buscar la aplicación de sus conceptos en otros campos. Para satisfacer las nuevas necesidades de las personas y la sociedad se requiere cada vez más conexión entre áreas (*Interdisciplinariedad*). Por ejemplo, la IQ debe mucho al desarrollo de la industria petrolífera en los años 40, de hecho, muchos libros de texto siguen teniendo un enfoque claro en esta dirección. Posteriormente los desarrollos en medioambiente, materiales, biotecnología, energía, junto con otras disciplinas y el paso de fuentes fósiles a renovables en bioprocesos, requieren nuevos textos que los incluyan. La transformación digital es otro buen ejemplo, muy

mencionado en la actualidad, y aún poco comprendido en sus implicaciones.

3. Atender y estar atentos a los movimientos y sentimientos sociales, la forma de ver el futuro de la humanidad (*Confluencia con el pensamiento humanístico*).

Las primeras definiciones de IQ a finales del siglo XIX incluían el estudio de los procesos físicos, químicos y biológicos para producir bienes para la sociedad. La producción de energía, el uso de carbón y la incorporación de petróleo a partir de la 2.^a Guerra Mundial hizo que se concentrara en procesos químicos. A partir de los años 70 con la introducción paulatina de recursos renovables (Figura 5), se comenzaron a desarrollar más procesos biológicos. En los últimos diez años este fenómeno se ha ido incrementando, en particular con la introducción de las consideraciones de sostenibilidad.

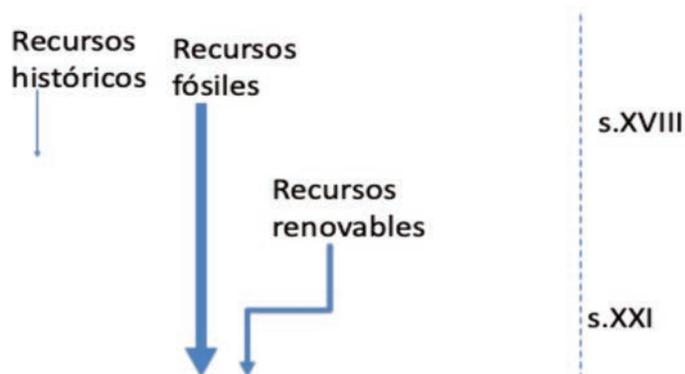


Figura 5. Evolución del uso de los recursos

2.2. Ingeniería de Procesos Biológicos

La sustitución de recursos fósiles por renovables está cambiando muchas mentalidades, y la Ingeniería de Procesos no es ajena. Hay varias tendencias en el desarrollo para ingenieros de procesos, pero una muy importante es precisamente la creciente introducción de procesos bio-

lógicos junto a los tradicionales químicos. Si dentro de algunas décadas le corresponde a alguien de mi área de conocimiento (si es que estas siguen), impartir otra conferencia inaugural (que supongo seguirán), seguro que introducirá otras tendencias adicionales, quizás la transformación digital, u otras que son difíciles de prever en este momento.

Considerando los procesos biológicos, conviene recordar que han existido procesos de aprovechamiento de materiales biológicos, fermentaciones y tratamiento de residuos orgánicos acuosos y sólidos desde muy antiguo. Pero la profundización en su conocimiento, optimización y promoción de otros nuevos se remonta a mediados del siglo pasado. La Ingeniería Química ha contribuido en este área que involucra los campos de la biodegradación de materia orgánica, los cultivos de o con materia biológica, la preparación de biomateriales, la atención al medio ambiente, la aplicación amplia en biomedicina que presenta importantes perspectivas, y otras aplicaciones que se podrán realizar a partir del conocimiento más completo de genes y moléculas con muchas posibles transformaciones (Figura 6). En el momento actual, no es difícil imaginar que los aspectos biomédicos van a adquirir un interés adicional creciente.

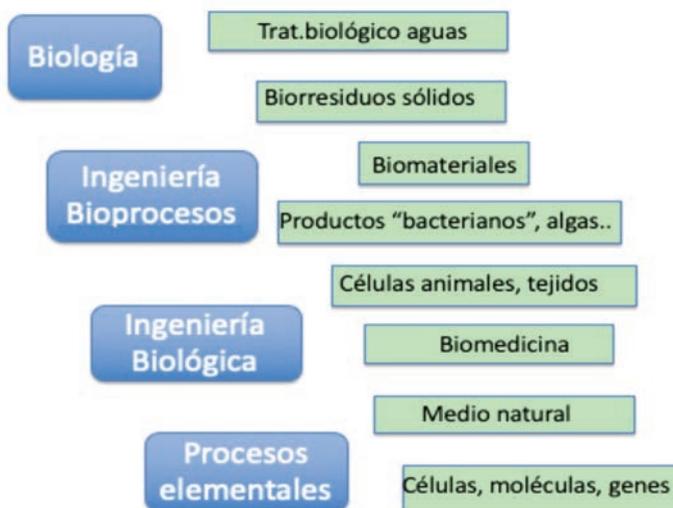


Figura 6. Algunos campos de trabajo de los Procesos Biológicos

2.3. El mito de Alcmena como modelo para la Ingeniería de Procesos

Permítanme introducir aquí el mito de Alcmena por si puede servir como modelo de este nuevo cambio. En forma resumida, Alcmena era hija de Electrón, y se casó con Anfitrión que se alistó en la batalla de los Telebeos. En la última noche antes de partir se introduce en su alcoba Zeus, manipulando el tiempo, y tomando la personalidad de Anfitrión. Alcmena da a luz a dos gemelos Hércules e Ificles. Anfitrión quiso vengarse en Alcmena, pero Zeus lo impide, y Anfitrión acaba perdonándola (Figura 7).

La Ingeniería de Procesos Biológicos es hija de la Ingeniería Química, se casa con una prometida de juventud, la Biología y en esta unión contribuye en la lucha por la sostenibilidad, y el desarrollo de la medicina. El papel de Zeus aún no es muy conocido, pero la ingeniería de base biológica, tiene una potencia suficiente como para llegar a superar los trabajos de Hércules. Tiene para ello al menos dos poderes, uno en el campo de la sostenibilidad y la bioeconomía con posibles perspectivas de conformar las plataformas para elaborar los productos de consumo y biomateriales. El otro en el campo de la salud y la biomedicina, muy desarrollado ya en otros países, y con una potencialidad y necesidad social fácil de imaginar.



Figura 7a. Escena de la infancia de Hércules. Bernardino Mei (1612-1676)



Figura 7b. Alcmena y el joven Hércules (Thomas Stothard 1755/1834)

Aún no sabemos si el modelo es suficientemente bueno, pero tiene buenas perspectivas considerando los desarrollos recientes, aunque aún se encuentre lejos de los trabajos de Hércules. Veremos. No es de extrañar el poco conocimiento del papel de Zeus, que estaba involucrado en todos los líos del Olimpo. Parece que podría expresarse sobre todo a través de sus descendientes, lo que resulta en ese caso esperanzador.

2.4. La formación se va haciendo cada vez más compleja

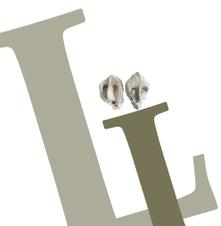
Albert Einstein decía ya en 1950 que «nuestra época parece caracterizarse por la perfección de los medios y la confusión de los objetivos». La perfección de los medios se ha incrementado de una forma no imaginable entonces. Pero la confusión de los objetivos no ha desaparecido.

La creciente *complejidad* es algo común en la formación de muchas disciplinas.

Como casi siempre, se precisa la integración de conocimientos, al menos como formación humana. Debemos también formar en las herramientas que se requieren, para que las empresas y organismos permitan aportar bienes y servicios a todos los ciudadanos. En Ingeniería Química, hay una formación bien definida que está conformada por *a)* Ciencias básicas, núcleo ingenieril, materias auxiliares, seguridad...; *b)* Desarrollo profesional, prácticas para el empleo y el futuro...; *c)* Conocimientos para contribuir al desarrollo y renovación industrial. Pero la formación se ha hecho más compleja, y se precisan conocimientos de ética, cultura, industria, incluso filosofía.

El conocimiento cultural será cada vez más importante, quizás incluso conocer los «líos de los Dioses» y su impacto en nuestra cultura occidental. Y por qué no también de la cultura del Índico-Pacífico. La formación en las propias industrias se ha vuelto también muy importante, comenzando a incluirse aspectos como la formación mixta o dual en muchas titulaciones. Una pequeña contribución desde la Asociación IQPA ha sido el Programa ECE (Estudiantes cerca de la empresa) para ayudar al conocimiento de la industria por los alumnos de Química, Biología, Economía, Ingeniería Industrial y de Minas, y al que se querría incorporar también a alumnos de Humanidades.

Una de las organizaciones internacionales que más ha contribuido al desarrollo de la Ingeniería Química, en particular para su formación y



evolución profesional es la Institution of Chemical Engineers /IChemE. La Universidad de Oviedo es una de las dos universidades españolas que tienen acreditado en este momento su Grado por dicha institución. Se indican en la Tabla 1 algunos aspectos que la IChemE señala de interés para la formación de Ingeniería Química.

1. Paso de alumno a profesional
2. Cultura y comunicación
3. Ética
4. Sostenibilidad
5. Seguridad e higiene
6. Costes económicos y sociales en la formación y en las empresas
7. Formación científica y tecnológica

Tabla 1. Algunos aspectos señalados por IChemE como importantes para la formación

La enseñanza de máster en España se configura como el camino hacia la profundización, quizás doctorado, así como también útil en la remodelación profesional de graduados. En nuestro departamento se oferta un buen máster de Ingeniería Química como camino de profundización, y otros dos másteres también de alta calidad, para la especialización en el campo alimentario.

3. SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Investigación en Ingeniería Química / de Procesos

La ciencia por sí misma, no parece poder establecer sus prioridades, y cómo aplicar sus avances. No se desarrolla en un plano moral o espiritual superior por encima del resto de la actividad humana. La ciencia ha solido necesitar una estructura, para conseguir y justificar los costes de la investigación, que a su vez influye sobre sus prioridades y en qué hacer con los descubrimientos. Pero para el desarrollo de la investigación, es muy importante disponer de criterios y seguridad de libertad de investigación, y asimismo de códigos de funcionamiento, como los requeridos en la Carta Europea del Investigador.

Para ilustrar las tendencias en Ingeniería de Procesos (en el Purgatorio) conviene hacer la pregunta ¿Qué se investiga en este campo?

Evidentemente esta es una cuestión imposible de responder de forma general. Hay una gran diversidad en los diferentes países, cambiando con la historia y las necesidades sociales. En una primera aproximación se puede tener alguna idea a partir de las temáticas que se presentan en los congresos globales de Ingeniería Química más importantes que están anunciados para el año 2021.

| Temáticas actuales de investigación | |
|---|---|
| 13th Cong. Europeo de Ing. Química 6th Cong. Europeo Biotecnología Aplicada (Berlín, Sept. 2021) | 11th Congreso Mundial de Ingeniería Química (WCCE11) Buenos Aires 2021 |
| Temas | Principales Áreas Básicas |
| <ul style="list-style-type: none">- Química- Bioeconomía- Farmacéuticos- Tecnología médica- Energía y Clima- Gestión de aguas- Recursos | <ul style="list-style-type: none">- Ingeniería Química Básica- Ingeniería de Reacción Química y Catálisis- Ingeniería de Sistemas de Procesos- Biotecnología Industrial, Bioeconomía- Ciencia y Tecnología Alimentarios- Energías Convencionales y no Convencionales- Materiales y Nanotecnología- Industria de Procesos – Innovación- Enseñanza de Ingeniería Química y Alimentaria- Seguridad de Procesos Industriales- Sostenibilidad y Medio Ambiente |

Tabla 2. Temáticas que se señalan en congresos actualmente abiertos, globales de Ingeniería Química

Como se ve en la Tabla 2, junto con las áreas tradicionales, existe una tendencia hacia la Bioeconomía, la Alimentación, los Biomateriales, la Salud, la Seguridad y el Medioambiente.

3.2. Un poco de concreción, con temas de investigación personales

Como se pueden imaginar existe también una gran diversidad de temas de investigación, dentro de España, o en mi departamento. Así que, para dar alguna idea más concreta, se indican en este apartado algunos temas tratados personalmente en las últimas décadas en el Grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores (TBR). Estos son también una

muestra de los temas que tratan un amplio número de investigadores en nuestro país. En nuestro departamento, por ejemplo, hay personas participando en otros cuatro grupos de investigación reconocidos: Catálisis, Reactores y Control; Ingeniería Ambiental; Tecnología, Biotecnología y Geoquímica Ambiental; y Nanopartículas, Membranas y Bioanálisis.

La evolución de procesos químicos hacia procesos biológicos se observa claramente cuando recuerdo los temas que he tratado en los últimos 44 años. Hace muchos años estuvimos trabajando en la desulfuración de gases de chimeneas, tema que dejó el campo académico a finales de los años 80, lo que puede mostrar cómo la investigación en ingeniería decae conforme las ingenierías e industrias la ponen en operación. Otros temas en los que he tenido interés han sido por ejemplo los procesos de oxidación en fase acuosa para eliminar tóxicos, o la adsorción/intercambio iónico de metales en procesos de producción o en vertidos residuales, la percolación en suelos, la modelización del horno alto y del convertidor de acero, la hidrodinámica de procesos multifásicos o el impacto del flujo en la eficacia de cambiadores de calor.

Pero aquí me concentraré en temas tratados algo diferentes, procurando en el contexto de esta lección contribuir a dar una idea de la aplicación de la Ingeniería de Procesos Biológicos. Discúlpenme hablar de mi trabajo, pero me parece que puede ser un ejemplo de los temas de investigación en este campo. Como verán están fuertemente involucrados en procesos relacionados con la *Sostenibilidad*. Con esta guía general de la Sostenibilidad, bien alineada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU; comentaré las Áreas de investigación que se señalan en la Tabla 3.

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EN SOSTENIBILIDAD (Grupo TBR)

- a. Normas y ética ambiental
- b. Bioeconomía
- c. Preparación de materiales
- d. Ingeniería de Bioprocesos
- e. Alimentación

Tabla 3. Algunas Áreas de Investigación en los que he estado involucrado en diferente grado, en el contexto de la Sostenibilidad

A) Normas y ética ambiental

El cumplimiento de la normativa ambiental es un criterio *sine qua non* para el funcionamiento de una industria, junto por ejemplo el análisis de las Mejores Tecnologías Disponibles (MTD), o la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que se precisa para su establecimiento y operación.

- Tratamiento de aguas industriales
- Tratamiento de lixiviados
- Contaminantes difíciles, emergentes, microplásticos
- Análisis de ciclo de vida, huella de carbono

Tabla 4. Sinopsis de trabajos sobre problemas y evaluación ambientales

La contaminación en fase acuosa ha sido objeto de mucho esfuerzo investigador, en nuestro caso aplicado al tratamiento de aguas industriales, en cuyo campo hemos diseñado alguna de las plantas más grandes de España, y con tecnologías que se han ido implantando paulatinamente en nuestro país. Los lixiviados de vertederos son un residuo de mucha complejidad para su tratamiento, en el que se ha trabajado para la integración de operaciones, en la biodegradabilidad del residuo y en la caracterización de la población microbiana.

Alguno de los nuevos contaminantes en los que se ha hecho hincapié en estos últimos años ha sido el de los emergentes, con concentraciones habituales de partes por millardo. Otro es el problema de los microplásticos que nos ha impactado en los últimos 5 años y para el que se busca solución y, si es posible, su eliminación. En ambos temas estamos en una etapa bastante inicial.

Finalmente, la sociedad debe mirar con visión holística el impacto de sus tecnologías en aras a la sostenibilidad de nuestro medio. En este contexto hemos trabajado en la evaluación del Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono, en procesos de tratamiento de aguas, de producción de leche, de aceite y frutos, entre otros.

B) Bioeconomía

España estableció en el año 2016 su Estrategia Española de Bioeconomía Horizonte 2030, que constituye una base muy importante para

la sostenibilidad con el aprovechamiento de recursos y residuos renovables (Figura 8). En la Tabla 5 se indican algunos temas en los que hemos trabajado y que pueden englobarse en esta Área.

- Aprovechamiento de lodos
- Usos no térmicos de licor negro
- Proteínas residuales alimentarias
- Residuos industriales

Tabla 5. Sinopsis de trabajos en el campo de Bioeconomía

Uno de los recursos más interesantes en el contexto de la Bioeconomía son los lodos de depuradora, con alto contenido bacteriano junto a otros componentes como ácidos húmicos, que les hace asequibles para su procesado por hidrólisis térmica y oxidación húmeda. Se pueden así obtener productos tales como proteínas o hidratos de carbono, que hemos estudiado y mostrado su interés en los últimos 10 años.

Un producto muy importante procedente de la industria del papel, es el licor negro que tiene actualmente un uso energético. La composición del mismo parece mostrar que podría tener un aprovechamiento en términos de diversas moléculas de interés, lo que hemos estado estudiando para la obtención de productos químicos útiles.

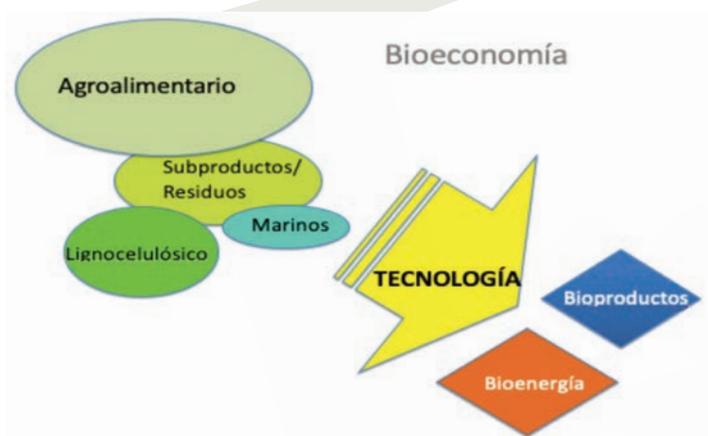


Figura 8. Ámbito tecnológico de la Estrategia Española de Bioeconomía. Horizonte 2030

Hay un buen número de subproductos de diversas industrias que se han procesado para su mejor aprovechamiento, por vía química o microbiológica. Algunos de los estudios se realizaron para empresas como DuPont, ArcelorMittal, Fertiberia, Capsa o Bayer, entre otras. Algunos de estos son claros ejemplos de las posibilidades de la Economía Circular.

Otro campo al que hemos dedicado bastante esfuerzo, es la recuperación de proteínas residuales, y otros subproductos de la industria alimentaria. Se incluyen aquí los procedentes de la industria láctea (p. ej. lactoferrina), sangre de matadero, proteínas del huevo (residuales o no) o de pescado. Las principales operaciones aplicadas han sido la adsorción/intercambio iónico, ultrafiltración, extracción y precipitación. Los problemas de separación planteados son muy interesantes, en particular al considerar la necesaria integración de procesos.

C) Preparación de materiales

En los últimos años han aparecido un buen número de tipos de materiales «blandos» con perspectivas de aplicabilidad y economía importantes, en campos como el medioambiental, el alimentario y el de la salud.

- Adsorbentes y catalizadores
- Biopelículas y bioenvueltas
- Aplicaciones médicas
- Celulósicos

Tabla 6. Sinopsis de trabajos en el campo de la preparación de materiales

Diversos residuos se han podido transformar en geles o precipitados metálicos, que pueden ser la base de biopelículas o recubrimientos o para la preparación de carbón activo adsorbente, y en el segundo caso utilizados como catalizadores que se pueden preparar como nanopartículas. Las posibilidades mostradas de aprovechamiento del residuo orgánico para una multitud de usos, muestra que la destrucción de la materia orgánica no debiera ser su tratamiento principal.

La preparación de biomateriales, biopelículas o biopartículas, adquiere mayor importancia cuando se trata de un material biodegradable, en particular al evitar los plásticos. Como material de partida se han uti-

lizado sobre todo proteínas residuales, interaccionando con otros materiales o aprovechando transformaciones térmicas.

Otro grupo de materiales se han desarrollado para una aplicación biomédica, por ejemplo, como andamios para el crecimiento de células regenerativas humanas. Otras aplicaciones que se valoran son su posible utilización alimentaria. Finalmente se han comenzado a preparar varios tipos de materiales a partir de materia lignocelulósica, que pueden tener aplicaciones en campos diversos, como el ambiental.

D) Ingeniería de bioprocesos

Se considera aquí la obtención de productos, incluyendo la transformación biológica que puede, o más bien suele incluir, algunas etapas de separación. Nos hemos concentrado en procesos microbianos mucho más que en enzimáticos.

- Obtención de ácidos orgánicos
- Producción y usos de bioalcoholes
- Caracterización microbiana
- Producción de enzimas

Tabla 7. Sinopsis de trabajos en el campo de la Ingeniería de Bioprocesos

Un grupo de transformaciones ha buscado la obtención de moléculas sencillas como 1) Alcoholes, o 2) Ácidos orgánicos. La obtención de bioalcohol ha tenido interés para nosotros en el doble objetivo de tener material combustible, o de su uso como bebida alcohólica. El primer objetivo requiere grandes volúmenes, difíciles de obtener si se piensa en substratos como el lactosuero. La obtención de ácidos orgánicos requiere pensar en ácidos del mayor valor añadido posible. La obtención de ácido láctico es muy tradicional, y se ha demostrado ser interesante su obtención a partir de residuos alimentarios. Nuestro principal trabajo ha sido no obstante la obtención de ácido lactobiónico que presenta gran interés económico, habiendo sido pioneros en su obtención por vía microbiana.

La producción de enzimas es una alternativa interesante en términos de valor económico con volúmenes no excesivos. Nos hemos concentrado en la producción de proteasas (importantes por ejemplo en detergentes), fijándonos en su obtención con células libres e inmovilizadas.

Un último apartado es la caracterización de la población microbiana para el diseño de bioprocesos. En particular se ha trabajado elaborando modelos segregados con la incorporación de citometría de flujo, aplicada en los campos alimentario y ambiental. También se ha contribuido en la caracterización por técnicas de PCR, de las especies presentes en poblaciones mezcladas en los campos ambiental y alimentario.

E) Alimentación

Se pueden diferenciar cuatro tipos de actividades realizadas incluyendo la mejora de productos alimentarios tradicionales, su caracterización, diversos aspectos de seguridad alimentaria, o la innovación para la creación de nuevos alimentos.

- Mejora de productos tradicionales
- Caracterización de productos alimentarios
- Seguridad alimentaria
- Nuevos productos alimentarios

Tabla 8. Sinopsis de trabajos en el campo alimentario

Los procesos de mejora en la producción de alimentos tan tradicionales como la cerveza y la sidra han sido objeto de trabajo, en particular su etapa de fermentación. Algunos objetivos han sido la mejora de la calidad de cerveza, consiguiendo límites óptimos de algunos compuestos químicos, otros fueron la modelización matemática de los procesos de fermentación, la evaluación de fenómenos de mezcla, o el impacto del consumo energético. También se desarrollaron los primeros modelos de Computación de Dinámica de Fluidos (CFD) en España en el campo de la Ingeniería Química, a partir del año 1994. En la fabricación de sidra se han estudiado las fermentaciones alcohólica y maloláctica, las variaciones en la composición del producto, la eficiencia de los microorganismos y diversos aspectos genéticos, así como la importancia de los procesos de inoculación. En la mayoría de los casos señalados en este apartado de alimentación se realizan ensayos organolépticos y caracterizaciones físicas. Se han optimizado también producciones tradicionales en particular en el mundo de los quesos.

La seguridad alimentaria es un campo muy amplio. En nuestro caso estudiamos la importancia de la magnitud de la contaminación y la

estructura del alimento, en la seguridad de varios productos alimentarios sólidos, sobre todo cárnicos, utilizando como patrón una especie del género *Listeria*. Se ha modelizado su crecimiento, prediciendo la extensión del patógeno según las condiciones de procesado y su forma de comercialización. Otro aspecto interesante en la preparación de alimentos sólidos es el fenómeno de ahumado de productos alimentarios, y el impacto del tipo y forma de ahumado en la presencia de compuestos pirénicos en el producto.

Se han preparado y evaluado nuevos alimentos, sometiéndolos al final a la evaluación de las propiedades reológicas tangenciales y normales, su composición con su contenido energético, y finalmente con pruebas organolépticas. Algunos nuevos productos han sido: a) diversos productos derivados del huevo, por ejemplo, con muy bajo contenido en colesterol como mayonesa, o con bajo contenido energético; b) a partir de sangre de matadero sobre todo del plasma, se han preparado productos de confitería, además de separar materiales de interés como γ -globulinas, entre otros.

3.3. Otras consideraciones. Trascendencia de la investigación

No podemos olvidar que el futuro de nuestra sociedad depende de nuestra propia actividad y capacidad, y por tanto también forma parte de la responsabilidad de la Universidad. También de la Ingeniería de Procesos. La evolución de la humanidad no parece que pueda catalogarse como negativa, pero conviene medir y difundir continuamente los resultados, para ver cómo actuar con rapidez cuando no sean los deseados y así evitarlos, teniendo al mismo tiempo un enfoque positivo para actuar sin caer en derrotismos. La historia no es determinista. Como dice Y. N. Harari es «caótica de nivel 2» porque reacciona a las predicciones sobre ella, y por tanto nunca se puede predecir de forma exacta. Algo análogo al impacto de las actividades de los «Dioses griegos» sobre el sistema de control que se indicaba al principio de esta Lección.

Haré aquí un par de consideraciones. Por un lado, he invitado a algunos representantes de empresas, a ver si puedo aprovechar su presencia en esta sala, para venderles algunas ideas o procesos que puedan tener alguna repercusión en el mundo industrial. Por otro lado, dada la

invitación realizada por el Rector a miembros de la Administración quiero aprovechar, por supuesto, para demandar la adecuada atención a la investigación en los Presupuestos. Sobra decir, que esto se ha venido pidiendo tradicionalmente por todos los Vicerrectores de Investigación en la Universidad, y que el dinero que se dedica a I+D ha sido y es muy escaso, en España y en particular en Asturias. Todos suspiramos porque nos toque un Cuponazo.

Los investigadores trabajando con fondos públicos debemos difundir nuestros resultados, para desarrollar el conocimiento, para ayudar a formar las generaciones posteriores, para mostrar a la sociedad algunos resultados de nuestra financiación y para contribuir al desarrollo social. Y ahí resulta necesario señalar la importancia que se está dando a los *rankings*, en particular el de Shanghai, que ha servido, por ejemplo, a muchas universidades para decidir a qué otras enviar a sus becarios. Merece la pena recordarlo en particular al estar presente la Universidad de Oviedo actualmente, entre las 500 primeras del mundo. Aunque no corresponda con nuestra área de procesos, en este punto quiero recordar la actividad excelente de nuestro compañero Carlos López Otín. También tenemos que hacer hincapié en los ingresos que para la Universidad representa la realización de proyectos, competitivos o no, que, por muchos motivos, la Universidad debe cuidar y promover.

Otro aspecto muy importante en este momento, es la tendencia creciente a la coordinación entre grupos de investigación que se puede realizar de varias formas. Una tradicional era la constitución de proyectos de investigación coordinados. Otra forma de coordinación que está creciendo y posiblemente aumentará en importancia en los próximos años, y que deberemos afrontar, es el establecimiento de Redes o Asociaciones Coordinadas Estratégicas.

Aunque pueda parecer muy alejado a la tecnología de procesos, conviene llamar la atención nuevamente sobre la contribución de los campos sociales y muy en particular de humanidades. Los campos de la ética, el conocimiento histórico, las relaciones personales, la visión social... son cada vez más importantes para el desarrollo de la industria, y aparecen con más frecuencia en temas de investigación conjuntos con las áreas técnicas. Es esta una consideración que me gustaba realizar hace veinte años en reuniones que mantenía con profesores de Humanidades, y que quiero aquí recordar por su importancia creciente.

3.4. Algunas estructuras para la promoción de la Ingeniería de Procesos

Como se ha dicho, se deben procurar difundir cada vez más nuestros resultados porque visibilizan la utilidad de nuestro trabajo, contribuyen a la economía de la Universidad y al desarrollo de la investigación, y en particular a la formación de universitarios. Además, la formación se supone que se beneficiará con un mayor acercamiento a la empleabilidad cuando se trabaja en proyectos con alguna visión aplicada. En varios de estos objetivos, resulta importante la contribución de organizaciones de tipo científico, académico y profesional, que procuran servir de apoyo al desarrollo de un campo determinado. La colaboración y participación en este tipo de estructuras es algo importante para contribuir a esos fines comunes, y debe promoverse.

En el caso de la Ingeniería Química o de Procesos, por su diversidad son varias las organizaciones que están contribuyendo en esos fines. Por su actividad en campos generales conviene señalar la Real Sociedad Española de Química, la Sociedad Española de Química Industrial e Ingeniería Química, o la Asociación Nacional de Químicos. En particular por la amplitud y significado para la Ingeniería Química en el mundo no solo en el campo profesional, sino también de investigación, y por el trabajo conjunto que ha llevado a cabo con nuestro departamento, quiero indicar la IChemE.

Respecto a sociedades específicas, en campos más especializados quiero señalar dos organizaciones muy ligadas con las temáticas ya expuestas como Ingeniería de Bioprocesos, en las que tengo experiencia y en las que la Universidad de Oviedo está jugando un papel importante. Estas organizaciones están contribuyendo en dos campos importantes: la Biotecnología y el Tratamiento de Aguas.

-SEBIOT es la Sociedad Española de Biotecnología, creada en 1988 que tiene como misión el desarrollo de la Biotecnología en España. Tiene varias secciones, entre ellas Ingeniería Bioquímica, Biotecnología Alimentaria, Biotecnología Ambiental, y Biotecnología Microbiana, entre otras. Hace cuatro años promovimos el establecimiento de la Federación Iberoamericana de Biotecnología (FIAMBIOT).

-META es la Mesa Española de Tratamiento de aguas, sociedad sin ánimo de lucro, constituida en Perlor a partir de 1995, que organiza congresos españoles en este tema de forma bienal. Este junio estaba previsto celebrar en Sevilla el XIV Congreso Español de Tratamiento de Aguas.



Figura 9. Tres sociedades, global, española y temática española con un papel importante en los temas tratados en esta presentación

4. INTERÉS EN LA POTENCIACIÓN DEL ENTORNO

4.1. Trabajar con estrategia

Bien podemos comenzar con unas palabras de Álvaro Flórez Estrada, el de los billetes de 25 pesetas (1765-1853, Pola de Somiedo-Noreña), que fue miembro correspondiente de la Academia de Ciencias Sociales y Políticas de París. Escribía, «De ahí resulta que, en los países civilizados, los más de los habitantes no tienen otra riqueza acumulada ni otro patrimonio sino sus fuerzas físicas, ni otro tesoro sino su trabajo diario que los pone en estado de procurarse los artículos de su consumo». Indica simplemente que el principal recurso será nuestro trabajo, el de cada persona particular y el de las sociedades globalmente. La forma en la que la sociedad define sus objetivos, y como distribuye el trabajo entre los ciudadanos para conseguirlo, está definido en parte por lo que se llama política.

El trabajo diario no es ya un trabajo personal aislado, sino relacionado o en competencia en el mercado. Cada vez se opta más a mercados exteriores, y las reglas se hacen más estrictas, aunque a veces no suficientemente claras. Se requiere más estrategia en la elección de nuestros objetivos, y cada vez es mayor la competitividad global en economía, como también lo conocemos en ciencia. Cada vez cuesta más competir, y de forma más global. Veámoslo en positivo con una frase de siempre, ya de Cervantes, «lo que poco cuesta aún se estima menos». Al menos sabemos el camino.

Pero, ¿qué hacer para mantener y hacer crecer un sector industrial ya desarrollado?

Realizaré solo algunos comentarios, quizás excesivamente generales, procurando crear al mismo tiempo ilusión. Lucio Anneus Seneca (Cordoba 4 a. C.-65 d. C.), un hispano como Máximo Décimo Meridio, decía «No nos atrevemos a muchas cosas porque son difíciles, pero son difíciles porque no nos atrevemos a hacerlas». Es la única forma de que los problemas puedan empezar a ser resolubles. Ahora nos encontramos en el desarrollo de la estrategia de transición energética/ecológica, y al mismo tiempo surge la oportunidad que parece nos brinda el Pacto Verde Europeo, con hincapié al menos, en temas verdes y digitales. Realmente, este es un momento clave para todos nosotros.

El fútbol es una actividad muy interesante a efectos de entendimiento social por las similitudes que presenta con otras actividades de producción en la sociedad. Podemos dar unas consideraciones muy básicas para el momento (con su análogo en el fútbol).

- a) No perder oportunidades (como dice Diego Simeone; «Partido a partido»)
- b) Estrategia a largo plazo. Evaluar modelos exitosos (Xavi: «Proyecto de equipo»)
- c) Ansia de ser los mejores, y serlo al competir (Entrenadores: «Querer ganar, sudar los colores»)
- d) Colaboración con otros, estrategia para ganar todos (Todos: «Juego de equipo»).

En todo caso como se dice en Pañeda en el juego de los bolos, hay que ir tirando bien todas las bolas (todas las oportunidades), porque si no al final *«hai que tirales toes a cuatriar»*. Y supongo que ya saben ustedes lo que ocurre entonces.

4.2. La necesidad de encontrar aplicaciones en la sociedad

La búsqueda de aplicaciones de desarrollos universitarios, se ha incorporado hace unas décadas a los aspectos que la universidad puede aportar a la sociedad. Bastantes grupos de investigación hemos hecho patentes y las hemos vendido poniéndose en operación. Pero es mejora-

ble, necesitamos que se identifiquen más las ventajas que para los universitarios tiene el hacer y vender patentes. También hemos participado en la creación de empresas *startup*, aunque también tengo que reconocer con un éxito limitado, o más bien con muy escaso impacto.

Sin duda en nuestra universidad, Agustín Costa, del área de Química Analítica y fallecido este curso, ha sido la persona más reconocida en este ámbito, en particular de creación de empresas, y al que quiero aquí recordar. No puedo indicar cómo podríamos promover más estos temas, pero sin duda en la Universidad convendría incrementar la valoración de este tipo de actividades. Para el sector empresarial se requerirán otros elementos de promoción, quizás más beneficios fiscales al ensayo y valoración de propuestas innovadoras.

4.3. Interés en contribuir a la potenciación de la sociedad industrial y de servicios

Asturias es una región de tradición industrial, con un buen número de empresas de procesos importantes. De hecho, la formación e investigación en Ingeniería de Procesos tiene en nuestro entorno un sentido claro. Como se ha indicado, el desarrollo industrial no precisa solo de tecnología, sino también apoyo social en un entorno de sostenibilidad y ética. Es evidente que cuando las empresas tienen la confianza de poder desarrollar su trabajo en un entorno con seguridad, les da ventajas respecto a otras localizaciones.

Debemos adecuar los modelos productivos a largo plazo de acuerdo a los distintos escenarios que vamos a encontrar, con progreso social y generando trabajo de calidad. Debemos asumir los diversos retos, globalización, economía circular, transformación digital, sostenibilidad ambiental, bioeconomía, adaptando las empresas actuales y creando nuevos sectores. Ello requiere la actualización de las competencias profesionales, la selección de objetivos económicos, el aumento de recursos para la innovación, o la atracción de personal y talento al sector productivo. También aumentar la capacidad de atracción para el capital y la inversión.

La situación actual parece indicar que China no debiera seguir siendo la fábrica del mundo, sino quizás sólo de una parte. Debemos pues imaginar en este momento, qué se puede, o qué más podemos hacer aquí en el futuro, analizando las oportunidades. Además, en este mo-

mento muy especial, debemos reconocer la importancia que las decisiones de normativa legal tienen en el desarrollo industrial. Y tenemos que adaptar las instituciones, incluyendo a la Universidad, a los esquemas de este siglo para poder competir.

Mi punto de vista es que todo esto es un proceso complejo en el que la Universidad puede contribuir. No solo con las tres patas mencionadas, docencia, investigación y aplicación. Tenemos que considerar la difusión del conocimiento a la sociedad. En nuestro caso por ejemplo ha sido muy reconfortante llevar la Universidad a Noreña durante 14 años en forma de Cursos de Verano. Así, se debe incluir una **cuarta** pata adicional, que incluya la colaboración de la universidad con la sociedad y las empresas, y que cristalizará en formas diferentes según las áreas. Otra vez, la confianza y la aproximación, la facilidad de comunicación, y entender en qué forma podemos ganar todas las partes, es la clave del éxito.



Figura 10. Asociación y Cluster IQPA, para la promoción de la Industria de Procesos en Asturias

Con este contexto y los fines mencionados, hemos desarrollado una herramienta con algunas características innovadoras, como promoción de la colaboración entre empresas, y del acercamiento con la universidad. Así, se constituyeron la Asociación y el Cluster de Industrias Químicas y de Procesos de Asturias a partir del año 2000. Celebramos este año los cuatro lustros de actividad ininterrumpida.

Se requieren aquí unas palabras de agradecimiento a todos los miembros de las Comisiones y Dirección de A-IQPA y C-IQPA que, como siempre sin remuneración, han añadido su trabajo y dedicación, para mejorar adicionalmente el contexto general de las empresas y contribuir a hacer más atractiva esta región industrial. De forma más puntual quiero agradecer el reciente apoyo de algunas empresas aportando EPIs en el momento de poner en marcha los laboratorios de docencia de la Universidad, después del Estado de Alarma. Como siempre, hay que reconocer

la importancia de conseguir que todos trabajemos en la misma dirección. Para tener éxito, podemos recordar la famosa frase atribuida a Publius «*Ubi concordia, ibi victoria*», donde hay unidad, hay victoria.

5. ACABANDO ESTA PRESENTACIÓN

5.1. Optimismo en el inicio de curso

El inicio de un curso debe ser siempre optimista, tenemos nuevas actividades y objetivos, y volvemos a ver a los amigos y conocidos (j). Pero, además, después de este verano, y sobre todo primavera, tenemos que ver la rosquilla, y no el agujero que ve el pesimista, que decía Oscar Wilde. Hay que tener planes como los optimistas, no excusas como los pesimistas. Esto nos hará trabajar más, que es en lo que posiblemente esté el truco para conseguir objetivos. Nos movemos y necesitamos expectativas. Pero hay que saber elaborar objetivos, y aplicar los medios para ello. Y como señalaba antes, cada vez se requiere más que junto con el imprescindible desarrollo individual, que haya también trabajo en equipo para tener resultados competitivos.

Quiero evidenciar el objetivo de los académicos en el seguimiento del espíritu científico en las actividades en que estamos involucrados, académica, profesional y social. Solo siendo conscientes de nuestras debilidades, pero también conscientes de que debemos ser los mejores, podemos pensar en un futuro dentro de un mundo global. Y quiero señalar también algunas líneas más:

-A las administraciones recordar el valor de la educación, e insistir en que la investigación, con alguna hipótesis de posibles logros que puedan mejorar la sociedad, es uno de los aspectos que se deben reconocer como imprescindibles.

-Asturias es una región industrial, que debe seguir siéndolo con una perspectiva de sostenibilidad. La cultura asturiana está íntimamente ligada a ella.

-La Ingeniería de Procesos puede jugar un papel importante en estos objetivos.

-La formación universitaria de los alumnos deberá ser cada vez más integral. Se requerirá colaboración y participación de todas las Áreas de la Universidad.

5.2. Consideraciones finales

Esta es una oportunidad única en la que personalidades externas a la institución universitaria se acercan a oír "las cosas" que se hacen por la universidad, y he querido mostrar también una visión optimista. Estas instituciones son cultivos que dan fruto a muy largo plazo, siendo una parte importante para el desarrollo futuro de la sociedad, y que dependen en alto grado de la valoración externa que se tenga, en otros organismos y por la sociedad en general.

Casi al final quiero señalar que ha sido un honor haber presentado esta *Lección Inaugural*, después de una dedicación exclusiva a la universidad durante 45 años, en varias universidades, pero por supuesto en particular en Oviedo, mi Universidad, siempre con la vista en la implicación de nuestra actividad en la sociedad, junto con los intereses esenciales más tradicionales, docente, investigador y administrador.

Finalmente, volviendo al principio, a los 700 años de la finalización de la Divina Comedia y al excepcional año que vivimos, decía Dante que

«La flecha del destino, cuando se espera, viaja lenta», así que desde el INFIERNO el camino será largo.

Nos recuperaremos, tendremos mucho tiempo de INGENIERÍA DE PROCESOS, y para seguir soñando con acompañar a Beatriz por los nueve círculos concéntricos del PARAÍSO.



Figura 11. *Matilda ayudando a Dante a pasar el río Lethe*
Canto 31 (Purgatorio). Gustave Doré (1832-1883)

AGRADECIMIENTOS

Me parece imprescindible expresar mi agradecimiento a todas las personas que me han permitido estar aquí, a mi familia, y a los muchos que han contribuido a mi formación, por ejemplo, a mi maestro de Pañeda don Victor. A la Facultad de Química y su decana, y a la Universidad de Oviedo por su invitación para impartir esta Lección Inaugural.

La exposición realizada es deudora de un largo trabajo conjunto con estudiantes de licenciatura, doctorado, grado, máster, especialmente con los 45 doctores a quienes he dirigido, y con todos los miembros que han sido y son del grupo de investigación TBR. Gracias también a los compañeros y amigos de la Universidad de Oviedo, de mi otra Universidad, la del País Vasco, y de otras universidades españolas y extranjeras.

Ha quedado asimismo claro mi agradecimiento a todos los miembros de la Asociación y Clúster IQPA, a los presentes y a quienes nos han dejado. De igual forma, a mis compañeros en la dirección de la Sociedad Española de Biotecnología, y de la Mesa Española de Tratamiento de Aguas.

Gracias a ustedes por su interés en esta *Lección Inaugural*.



CONSULTAS Y BIBLIOGRAFÍA

Este texto y la presentación en .ppt (clase expositiva, CE) se pueden consultar en www.unioviado.es/TBR

Bibliografía analógica

Dante: *La Divina Comedia*, Alianza Ed. (2013), Madrid.
Homero: *La Iliada*, p. e. Austral (2019) Madrid.
Robin Hard: *El gran libro de la mitología griega*, La esfera de los libros (2008) Madrid.

Webs para consulta sobre los aspectos generales

Institución de Ingenieros Químicos (UK) /desde 1922/
<https://www.icheme.org>
Sociedad Española de Biotecnología (BIOTEC)
<https://sebiot.org>
Mesa Española de Tratamiento de Aguas (META)
<http://www.redmeta.es>
Estrategia Española de Bioeconomía
<http://bioeconomia.agripa.org/download-doc/102163>
Real Sociedad Española de Química. Grupo de Ingeniería Química
<https://rseq.org/quienes-somos/estructura/grupos-especializados/>
Sociedad Española de Química Industrial e Ingeniería Química
<http://www.angel.qui.ub.es/sequi/>
Asociación Nacional de Químicos e Ingenieros Químicos de España
<https://anque.es>

Webs para ampliar la información de temas específicos

Asociación y Clúster de Industrias Químicas y de Procesos de Asturias (IQPA)
<https://www.cluster-iqpa.com>
Oferta de formación de máster que he promovido y en la que estoy involucrado (Universidad de Oviedo)
Ingeniería Química (Oficial)
<http://iqtma.quimica.uniovi.es/masteriq/>

Biología Alimentaria (Oficial)

<https://www.unioviado.es/MBTA/>

Gestión y Desarrollo de la Industria Alimentaria (Propio)

<https://www.unioviado.es/MGYDIA/>

Oferta investigación web TBR

<https://www.unioviado.es/TBR/>

Productos desarrollados que oferta el grupo comercialmente (web Catedra IPA)

<https://www.unioviado.es/catedralIPA/servicios-analiticos-y-tecnologicos/>

Red Estratégica de Grupos de Investigación en Sostenibilidad Alimentaria (Asturias)

<https://www.unioviado.es/poloalimentario/investigacion/red-estrategica/>

Y para seguir conectados

Linkedin: mariodiaz@uniovi.es

Tweeter: @MarioDiazUniovi @TbrGrupo @catedralIPA

