

# LA MICROBIOLOGIA Y EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Graciela Chalela\*

“ No hay campo del desenvolvimiento humano, ya sea en la industria, la agricultura, la preparación de los alimentos o relacionado con los problemas de la vivienda o del vestido, la conservación de la salud humana o animal, o la lucha contra la enfermedad, donde los microorganismos no desempeñen un papel importante y con frecuencia fundamental”. Selman A. Waksman (1942).

La microbiología industrial se refiere al desarrollo y multiplicación de los microorganismos a gran escala, bajo estrictas medidas de control, con el objeto de elaborar un producto de valor económico y de gran utilidad.

Desde el punto de vista industrial se puede considerar a los microorganismos como una “máquina química” capaz de elaborar cualquier sustancia que se desee. La reacción general se resume así: *Sustrato (material crudo) + microorganismo = nuevo producto.*

Para que un proceso microbiológico industrial resulte de valor y percute en la economía de un país, el organismo no debe producir sustancias tóxicas que pongan en peligro la salud humana o animal o que provoquen deterioro en los vegetales, debe ser capaz de producir transformaciones apreciables, permanecer estable y crecer rápida-

mente. El sustrato a partir del cual se elaboren los nuevos productos debe ser barato y de fácil consecución. Así, los restos de la industria lechera, los residuos de la industria papelera o los desechos vegetales suelen ser la materia prima para la producción de materiales de gran valor. Finalmente, debe ser fabricado en gran cantidad y fácilmente purificable, ya que el producto formado por el metabolismo de los microorganismos está en una mezcla heterogénea formada por la cosecha de las células microbianas, los componentes de sustrato y algunos productos del metabolismo distintos a los que se planea obtener.

En nuestro país la microbiología industrial se encuentra en un estado fermentativo, que sin ser una definición técnica, se caracteriza por su agitación, turbulencia o inquietud general. Los avances recientes en biología molecular han creado un ambiente de ilusionada expectativa en lo que se refiere a la aplicabilidad de las nuevas técnicas microbiológicas a un amplio espectro de procesos industriales.

La microbiología industrial no es un campo explorado únicamente a nivel de empresas, se trata de un factor de primer orden en la economía mundial con un promisorio futuro, y es el exponente de una in-

tensa actividad humana cuya fecunda historia arranca de milenios atrás.

*Antecedentes:*

El arte de la fermentación, entendida como la transformación química de compuestos orgánicos con la ayuda de las enzimas, es muy antigua. La capacidad de las levaduras para producir alcohol en forma de cerveza la conocían ya los sumerios y los babilonios antes del año 6000 a.C. Más tarde, hacia el 4000 a.C., los egipcios descubrieron que el dióxido de carbono generado por la levadura de la cerveza podía fermentar el pan. Referencias al vino se hallan en el Génesis, donde consta que Noé consumía algo más de lo debido.

Otros procesos de fermentación muy antiguos son el cultivo de las bacterias del ácido acético para producir vinagre, el de bacterias lácticas para conservar la leche y de diferentes bacterias y hongos para fabricar quesos.

Los microorganismos proporcionaron alimentos y bebidas durante más de 8000 años sin que se tuviera noción de su existencia. Hubo que esperar hasta el siglo XVII, para que el holandés Anton van Leeuwenhoek, pionero de la microscopía, los describiera por primera vez. A partir de entonces los avances en los diferentes campos fueron extraordinarios.

En 1897 Buchner, con su descubrimiento de que un extracto de levaduras maceradas liberado de las células intactas por filtración, retenía la capacidad de convertir el azúcar en alcohol, dio origen a la bioquímica. Sin embargo su descubrimiento no empezó a utilizarse hasta la Primera Guerra Mundial cuando los alemanes necesitaron glicerol para fabricar explosivos y los ingleses acetona para sus municiones. Chaim Weizmann (primer presidente de Israel) desarrolló la fermentación butanol-acetona donde por primera vez se utilizaron en los fer-

mentadores industriales los métodos de cultivo puro, ensayo que resultaría de gran utilidad en la década de los 40 con la llegada de los antibióticos.

Lo que hace extraordinaria la diversidad de procesos dirigidos por los microorganismos es su pequeño tamaño y su alta relación de superficie a volumen lo que trae como consecuencia el rápido transporte de nutrientes al interior de la célula y por consiguiente una elevada tasa metabólica. Así, la cantidad de proteínas elaboradas por las levaduras es varias veces mayor que la producida por la soya. Esta velocidad de biosíntesis microbiana permite que algunos microorganismos se reproduzcan en sólo 15 minutos.

El amplio espectro evolutivo de estos seres microscópicos se ve reflejado en los diversos ambientes que los albergan: temperaturas por debajo del punto de congelación o cerca al punto de ebullición del agua, agua dulce o salada, en ausencia o presencia de oxígeno, en fase de latencia en respuesta a condiciones desfavorables tales como falta de nutrientes. Se hallan capacitados para llevar a cabo una extensa gama de reacciones metabólicas (figura 1) y adaptarse así a muchas fuentes nutritivas.

#### Uso de los microorganismos

Existen cuatro clases de microorganismos de interés industrial: hongos filamentosos, hongos no filamentosos (levaduras), bacterias unicelulares y bacterias filamentosas.

De acuerdo a sus necesidades ambientales se dividen en tres grupos: *aerobios estrictos* que únicamente pueden metabolizar y crecer en presencia de oxígeno atmosférico; *anaerobios estrictos* que no sólo crecen y metabolizan en ausencia de oxígeno libre, sino que además necesitan su eliminación pues les resulta perjudicial, y los denominados *facultativos* capaces de cambiar su

metabolismo de aerobio (respiración) en anaeróbico (fermentación) en función del ambiente donde se encuentren.

El metabolismo anaeróbico es menos eficiente que la respiración ya que la fermentación no aprovecha toda la energía del sustrato energético para la producción del combustible universal de la célula, el ATP (Trifosfato de Adenosina), ni por tanto para la síntesis de material celular.

Las vías respiratorias fermentativas que originan productos útiles son muy variadas pero se pueden agrupar en dos tipos generales: homofermentativos (un producto principal), o heterofermentativos que, con el ácido pirúvico como compuesto clave, convierten la glucosa por diversas vías bioquímicas en el ácido láctico, etanol, CO<sub>2</sub> y también en otros productos de primerísima importancia industrial. El *clostridium acetobutylicum* es otro organismo heterofermentativo que convierte la glucosa en acetona, eta-

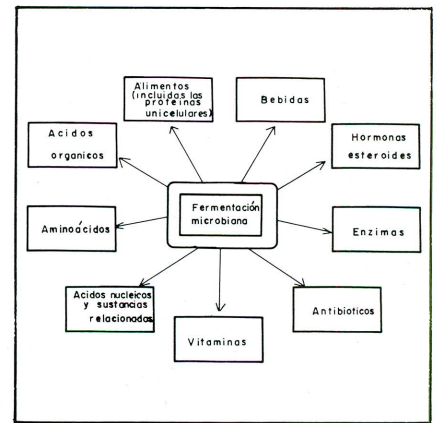


Figura 1. Productos obtenidos a partir de fermentación.

no, isopropanol y butanol (figura 2).

El crecimiento aeróbico, por otra parte, capacita a algunos organismos para oxidar completamente cierta fracción del sustrato y extraer así la máxima energía para conver-

*Pasa a la pág. 26*

\* Bacterióloga, Microbióloga. Master en Microbiología, Doctor Ciencias Naturales. Jefe Departamento de Biología Universidad Industrial de Santander. Apartado Aéreo 678 Bucaramanga.

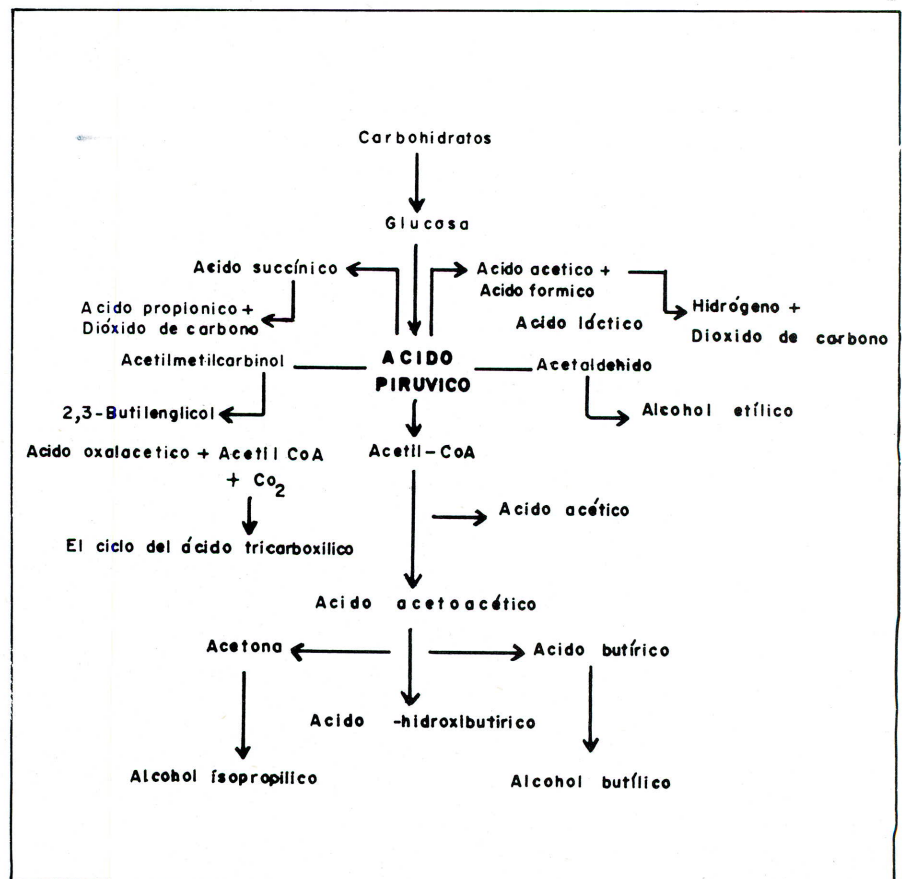


Figura 2. Acido Pirúvico: eje central para la síntesis de diversos productos.

## LA MICROBIOLOGÍA...

Viene de la pág. 11

tir el resto del sustrato en masa celular. Si el objetivo de la fermentación industrial es aumentar la masa celular, la producción de la levadura del pan o de proteínas microbianas resulta una ventaja para tener un crecimiento aeróbico con utilización completa del sustrato por respiración. En cualquier caso cabe preguntarse, cómo el crecimiento aeróbico puede llevar a la fabricación de productos microbianos útiles, si todo el sustrato no convertido en masa celular es oxidado a CO<sub>2</sub> y agua. La respuesta es, por un lado, que no todas las reacciones oxidadas catalizadas por microorganismos aerobios estrictos se llevan hasta el último extremo, y por otro, que éstas también son capaces de llevar a cabo oxidaciones incompletas con otros sustratos. Aunque estos "subordinadores" necesitan energía en forma de ATP a partir de las oxidaciones incompletas, generalmente no pueden obtener esqueletos carbonados para su crecimiento a partir de los sustratos oxidados en forma incompleta y, por consiguiente, requieren para su crecimiento otros nutrientes suministrados por el medio.

Otro grupo de productos microbianos de importancia industrial son los metabolitos secundarios, compuestos no requeridos para la biosíntesis celular. Estos son sintetizados por algunos microorganismos generalmente en las últimas fases del ciclo de crecimiento. Ejemplos conocidos de ellos son los antibióticos. Puesto que no desempeñan un papel directo en el metabolismo energético ni en el crecimiento del organismo, seguramente contribuyen a la supervivencia de él, al inhibir la acción de competidores que pudieran ocupar el mismo ciclo ecológico.

Un tercer grupo de sustancias de interés industrial sintetizadas por los microorganismos son las proteínas que actúan como enzimas. Los microorganismos tienen enzimas catabólicas que degradan sustratos complejos en moléculas más simples que puedan ser asimiladas.

Las enzimas anabólicas son las encargadas de reordenar las sustancias necesarias para el metabolismo y el crecimiento celular. Un método para aumentar la síntesis de una enzima es la inducción. Los usos potenciales de las enzimas en la industria se han puesto de relieve con el desarrollo de la tecnología de las enzimas inmovilizadas que consisten en que la enzima se fija a una matriz insoluble, el sustrato va pasando a través de la capa de enzima inmovilizada y durante un tiempo ésta va actuando sobre el sustrato. Las ventajas de esta tecnología son que hace reutilizable y recuperable la enzima y que no se contamina el producto.

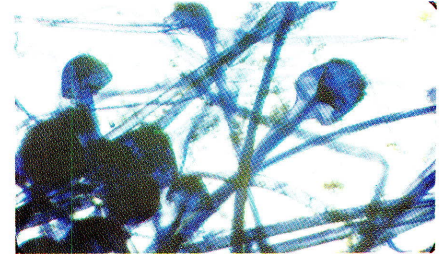
Un tipo diferente de productos metabólicos que se obtienen en gran escala son los polisacáridos de la cápsula de los microorganismos: Dextrano y Xantano. El primero puede utilizarse como aditivo del plasma sanguíneo; el segundo se añade a muchos productos alimenticios para darles consistencia y estabilidad, también se usa en teñidos textiles, estampados, perforación de pozos de petróleo, cosmetología y farmacia.

Durante la Segunda Guerra Mundial las levaduras volvieron a tener gran importancia en la dieta de la población alemana. Algunas de las grandes compañías petroleras diseñaron procesos para desarrollar capas de *Candida lipolytica* que obtenían el carbono y la energía para el crecimiento de los alcanos de petróleo. Fue entonces cuando se acuñó el término de proteína unicelular para describir el nuevo campo de los alimentos enriquecidos con productos microbianos.

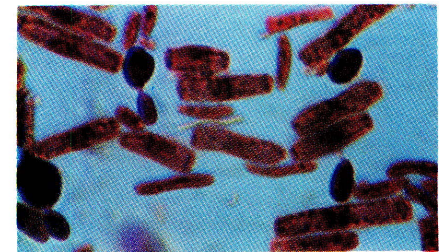
Entre los metabolitos primarios más importantes que comercializó la industria de la fermentación deben citarse aminoácidos nucleótidos, purínicos, vitaminas y ácidos orgánicos.

En la mayoría de los procesos industriales se combina la manipulación genética con la del medio para así obtener el máximo rendimiento en la síntesis del metabolito.

Como los microorganismos son máquinas perfectamente coordinadas, cuya evolución ha estado dirigida a la consecución de sus propios objetivos (supervivencia y reproducción), los productos elaborados por ellos están determinados por los genes, sujetos por su parte a una selección intensiva y, en la actualidad, a la intervención directa del hombre.



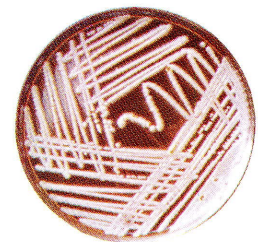
Hongos filamentosos



Hongos no filamentosos (leveduras)



Bacterias unicelulares



Bacterias filamentosas (actinomycetes)

Las ideas de la manipulación genética constituirán en un futuro avanzado el motor de importantes avances agrícolas como la sustitución de fertilizantes nitrogenados sintéticos por la potenciación del rendimiento

de los microorganismos naturales fijadores de nitrógeno.

La actividad microbiana se aplica también a la de toxificación y degradación de las aguas residuales. Su utilidad en el tratamiento de residuos se conoce desde 1914 cuando se aplicó por primera vez el proceso de lodos activados, el cual depende de una población compleja de microorganismos que se forman naturalmente según la capacidad de cada organismo para degradar un constituyente del material de desecho y de coexistir con los demás en un sistema nutricionalmente complementario.

Ciertos microorganismos se hallan detrás de un proceso metalúrgico que se remonta al parecer a la época de los romanos: la lixiviación bacteriana de menas de bajo contenido para extraer metales.

#### *Hacia el futuro*

Cuáles son las perspectivas futuras para las industrias de fermentación en Colombia?

Es muy importante enfatizar que nuestro país posee condiciones más que elementales para el desarrollo y la consolidación de las industrias de fermentación. Estas utilizan fundamentalmente materias primas derivadas de productos agrícolas. Entre las principales que surten el nitrógeno y el carbono para el crecimiento de microorganismos están las melazas; extracto de maceración del maíz, productos solubles de destilerías, harinas de soya y maíz y aceites vegetales como el de girasol, soya, etc.

Colombia posee entonces un desarrollo agrícola y una infraestructura que hacen posible la existencia de un continuo suministro de materias primas. Es innegable que poseemos el personal técnico necesario para la puesta en marcha, la asimilación y la optimización de la tecnología de fermentación.

En este sinergismo derivado de la unión de la ciencia y la tecnología se esconde la llave que abrirá el futuro de la microbiología industrial. □

#### **LA INFORMACION...**

*Viene de la pág. 21*

alertarlos compete a las asociaciones profesionales, a las facultades universitarias y a los mismos directores de biblioteca, quienes deben dar el buen ejemplo de actualización profesional oportuna.

C: C. y T.: Es el colombiano una persona que lee y consulta con frecuencia en bibliotecas?

G. L.: Una de mis mayores alegrías profesionales la tuve en Colombia, al ver la alta concurrencia de personas de todas las edades, en todas las horas del día y de la noche, a la Biblioteca Pública Piloto, cuando estaba recién fundada y ocupaba un local en la Avenida La Playa. El acervo bibliográfico en ese tiempo era nuevo y estaba en buen estado; había diversos servicios y actividades consagrados a la promoción de la lectura; el personal de atención a los lectores era cordial y entusiasta. Todo favorecía la lectura y la consulta y ese público de Medellín respondía de una manera notable.

Me permito afirmar que existe en el colombiano mucha curiosidad y sed de cultura. La cantidad de escolares que acuden a la Biblioteca Luis Angel Arango todos los días y a toda hora, en largas colas, para hacer consultas es una prueba de esta inclinación por la lectura. Esto nos hace pensar que existe una necesidad real de otras bibliotecas en el norte de Bogotá y en otros sectores de la capital.

Naturalmente, la lectura exige tiempo, recursos económicos, capacidad intelectual y accesibilidad a los libros, a muchos libros, revistas y otras fuentes de información. Con gran pesar, estos recursos y elementos no están al alcance de muchas personas en el momento actual.

C: C. y T.: Cómo puede lograrse que en el país la información sea patrimonio de todos?

G.L.: Esta pregunta me da mucho gusto comentarla, porque en nuestra profesión quisiéramos que todos pudieran conocer las alegrías de la lectura y los muchos beneficios que puede aportar la documentación de la experiencia humana.

Como *bibliotecario*, quisiera que las bibliotecas estuvieran abiertas en las horas de la noche, durante los fines de semana, en los días feriados, que es casi el único tiempo que tienen muchas personas para disfrutar de la lectura. Desearía, también, que no hubiese trabas para examinar y consultar los recursos bibliográficos —el patrimonio de todos— que a veces están demasiado escondidos, en vitrinas cerradas, en salones de acceso restringido, o disponibles en un horario muy limitado.

Como *lector*, me gustaría que los libros, periódicos y revistas no fuesen tan caros y que estuviesen más al alcance de las personas de escasos recursos económicos.

Como *educador*, no creo mucho en los programas cortos de alfabetización sin que haya programas de seguimiento y diversos materiales de apoyo en todos los niveles de aprendizaje para los recién alfabetizados que necesitan textos sencillos y atrayentes, hasta que se afirmen bien en sus hábitos y capacidades de lectura.

Como *autor*, quisiera que los escritores tuvieran un nutrido público y un buen mercado para sus obras, lo que es parte de un problema complejo de desarrollo educativo, económico y cultural que requiere para su feliz solución la colaboración de los bibliotecarios y de todos los estamentos sociales.

C: C. y T.: Cuál es su pensamiento sobre la relación entre información y desarrollo?

Son inseparables, la información es indispensable para el desarrollo económico, social y desde luego cultural de los pueblos. Esto lo han sabido muy bien los directores de Ciencias. El rápido flujo de información entre productores y consumidores de ciencia y tecnología exige que los bibliotecarios tengan una buena formación, que se actualicen periódicamente, que sean disciplinados y que tengan buena disposición y capacidad de trabajo. Estas condiciones, además de un profundo respeto por el Panamericanismo, son principios que me han guiado en la preparación de bibliotecarios y archivistas en nuestro hemisferio □