



# Ciencia

## COMENZAMOS LA AVENTURA

La iniciativa del doctor Enrique Galindo Fentanes, presidente de la Academia de Ciencias de Morelos A.C., ha hecho posible que los destacados miembros de esa organización, que reúne a lo más selecto de quienes se dedican a la ciencia en los institutos establecidos en la entidad, hayan decidido establecer un nuevo puente de acercamiento con la sociedad.

Ese destacado organismo ya tiene en marcha interesantes programas de vinculación, sobre todo con docentes y estudiantes a quienes pretenden iniciar en el interés por hacer Ciencia.

Pero, deseosos de extender los beneficios de su trabajo, han honrado a La Unión de Morelos, donde a partir de hoy y lunes expondrán temas de su especialidad.

El esfuerzo está encaminado a sembrar en la mente de niños y jóvenes el interés por una tarea primordial en el desarrollo de los seres humanos, sin la cual seríamos una civilización atrasada. La ciencia que se hace en Morelos es de alta calidad y sus mejores expositores pondrán toda su talento a disposición de nuestros lectores en una colaboración marcada por la diversidad, la apertura y la permanencia.

## Microbios, fermentaciones y biotecnología

**DR. ENRIQUE GALINDO**

Instituto de Biotecnología, UNAM

Los microbios o “microorganismos” sin duda han sido los protagonistas más importantes (aunque probablemente anónimos) de la biotecnología. Puede decirse que la biotecnología se inició con el cultivo controlado de microorganismos. Leeuwenhoek (en Holanda) fue el primero que los vio, aunque fueron Pasteur (en Francia) y Koch (en Alemania) quienes por primera vez demostraron que los microorganismos eran responsables de actividades biológicas específicas, tales como la fermentación alcohólica y el agente causal de algunas enfermedades.

Los microorganismos más utilizados en biotecnología son las bacterias, las levaduras y los hongos. Las bacterias son los más sencillos de ellos, miden menos de una micra (que es una milésima parte de un milímetro) y se reproducen por bipartición (esto es, una bacteria genera dos de ellas, sin saber cual es la progenitora). Bajo condiciones ambientales favorables, las bacterias se reproducen muy rápidamente: la población puede duplicarse ¡cada 20 minutos!. Las bacterias (y particularmente una de ellas, *Escherichia coli*, que vive regularmente en el intestino humano) se encuentran entre los seres vivos cuyo material genético se conoce en su totalidad y en donde se han desarrollado ampliamente las técnicas de ingeniería genética. Existen muchos procesos biotecnológicos que usan el cultivo de bacterias. En algunos casos, las bacterias mismas constituyen el producto. Ejemplos de ello lo son las bacterias lácticas que se usan como probióticos (esto es, estimuladores de crecimiento y/o aprovechamiento de alimentos en animales). En varios casos, las bacterias se usan para producir sustancias que constituyen el producto biotecnológico. Un ejemplo es el caso de algunas gomas que se usan como texturizantes en la industria alimentaria. Otro ejemplo lo constituyen los aminoácidos, usados en alimentación animal y como componente de los caldos de pollo industrializados. Las bacterias que han sido transformadas por ingeniería genética se usan para produ-

cir, por ejemplo, insulina humana y las enzimas que se usan en los detergentes biológicos.

Las levaduras son microorganismos más complejos y más grandes que las bacterias (miden alrededor de 10 micras) y se reproducen por gemación, esto es, puede distinguirse a las progenitoras. Las levaduras son los microorganismos que la humanidad ha usado desde tiempos inmemoriales (aún antes de saber que eran levaduras) para producir cerveza, vino y pan. Las levaduras (principalmente la levadura de pan, *Saccharomyces cerevisiae*) actualmente también se usan como “maquinarias” para producir sustancias por ingeniería genética. Por ejemplo, la vacuna recombinante contra la hepatitis B se produce usando esta levadura.

Los hongos son microorganismos aún más complejos que las bacterias y levaduras. Son organismos pluricelulares que crecen en largos segmentos (llamados “hifas”) y que tienen ramificaciones. Estas estructuras pueden llegar a medir del orden de milímetros. Los hongos tienen muy amplias capacidades biosintéticas y se usan para producir la mayor parte de los antibióticos que se generan por fermentación (como la penicilina), así como enzimas, vitaminas, aromas, etc.

Además de las bacterias, las levaduras y los hongos, existen otras entidades biológicas que, sin ser microorganismos, se cultivan por técnicas de fermentación. Entre ellos se incluyen a las células vegetales y animales, tejidos como raíces o piel, e incluso nemátodos. Con estos sistemas biológicos, los problemas de cultivo son más críticos, ya que requieren condiciones muy especiales para su desarrollo.

El concepto “fermentación” fue acuñado por Pasteur para describir el desarrollo y actividad de microorganismos bajo condiciones anaerobias (i.e. en ausencia de oxígeno, como es el caso de la producción de alcohol). Sin embargo, actualmente “fermentación” tiene un significado más amplio y se refiere a las técnicas de cultivo de microorganismos (o células u organismos en suspensión) bajo condiciones controladas. En consecuencia, un “fermentador” es un recipiente en donde se promueve el crecimiento de células u organismos con el fin de producir un pro-

ducto específico, el cual puede ser el microorganismo, célula u organismo per se, o bien alguna sustancia producida por ellos.

El fermentador tiene los objetivos fundamentales de mantener la esterilidad (que permita el cultivo exclusivo de la especie biológica de interés) y el de proporcionar las condiciones ambientales (i.e. temperatura, nutrientes, etc.) óptimas para el objetivo en particular del proceso. Existen algunos aspectos que son importantes para lograr fermentaciones exitosas a nivel industrial. Uno de ellos que resulta crítico es lo que se llama el “escalamiento” del proceso. Escalar un proceso consiste fundamentalmente en reproducir (y en ocasiones mejorar) lo que se logró en el nivel de investigación (generalmente en matraces o fermentadores de laboratorio) en fermentadores de nivel industrial, los cuales tienen volúmenes de entre los cientos y los miles de metros cúbicos. Con el escalamiento también se pretende que el producto se pueda producir de la forma más barata posible. Gracias a estas técnicas es que contamos, por ejemplo, con antibióticos (como la penicilina) de muy bajo precio.

El proceso biotecnológico no culmina con la fermentación. Una vez producida la sustancia u organismo de interés, es necesario -en mayor o menor medida- separar, extraer, concentrar y purificar el producto en cuestión del “caldo” de fermentación. Estas operaciones pueden ser incluso más complejas (y más costosas) que las de fermentación. Esta es una de las razones por las que algunos productos biotecnológicos (principalmente en el ramo farmacéutico) son de muy alto valor agregado.

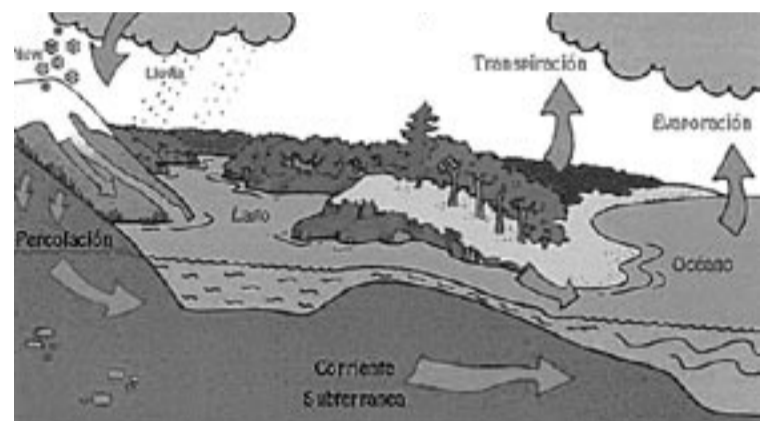
Libros recomendados:

“Los cazadores de microbios”. Paul de Kruif, Ediciones Leyenda, México (1999).

“La biotecnología”, Agustín López-Munguía, Colección Tercer Milenio, CONACULTA, México (2000).

“El Secreto de la Vida”, Joseph Levine & David Suzuki, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM; Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C., México (2000).

## ¿Es simple el agua simple?



¿Cuándo aparece la vocación científica? Me parece que cuando se descubre que una “evidente verdad” no lo es, cuando se despierta una rebeldía a aceptar repetir lo que “todo el mundo sabe”, y se decide poner en duda los “conocimientos establecidos”. De hace ya cuatro décadas, de mis lecciones en la primaria “Procesos de la Independencia” basadas en los libros de texto gratuitos sobre Ciencias Naturales recuerdo dos de esas verdades que estaban en franca contradicción con mi experiencia cotidiana: una era que el agua era de color “blanco” y la otra que los limones eran de color “amarillo limón”. Luego de una discusión con mi maestra, ella aceptó que el agua era “incolore”; en cuanto a los limones, me sorprendió el enterarme que además del fruto que yo consumía en casa, de evidente color verde, existía otro fruto, que en México llamamos “limón real” o “limón europeo”, que nunca había visto, pero que sí tenía ese color amarillo al que le da su nombre. Pasaron muchos años antes de que yo tuviera en mis manos uno de esos limones reales.

En cuanto al agua, mi fascinación por ella creció al estudiar el “ciclo natural del agua” que, como todos los que hayan estudiado la primaria saben, comprende los estados sólido, líquido y gaseoso; es más, en la propia casa se tiene experiencia de esos estados de equilibrio, e incluso de las transiciones entre ellos; por ejemplo, cuando nos duchamos con agua caliente notamos la formación de una neblina en el cuarto de baño, que es el vapor de agua; además esta neblina se “pega” a los espejos, dejando una capa delgada que bien puede evaporarse de nuevo, o bien dar lugar a la condensación, la agregación para formar gotas que resbalan por la superficie del espejo. En otra zona importante de la casa, en la cocina, dentro del congelador, ocurre el proceso de solidificación del agua, la formación del hielo, que se vuelve casi indispensable en las bebidas durante la época de calor. Estos fenómenos tan cotidianos, casi vulgares, no parecerían dignos de captar la atención de nadie; sin embargo, un momento de reflexión nos puede llevar a cambiar de opinión al preguntarnos si conocemos alguna otra sustancia que se pueda observar cotidianamente en los tres estados de agregación. Quizás algún trabajador de una fundición o algún herrero pueda decir otra cosa, pero para la mayoría de la gente la respuesta es negativa; así de especial es el agua. Tanto que durante mucho tiempo se consideró que el hielo, el agua y el vapor eran sustancias distintas. Aún ahora usamos esas palabras, en vez de referirnos a ellas como el sólido, el líquido y el gas de agua.

Cuando yo era ya un poco mayor mi grupo de primaria fue invitado a la secundaria federal No. 91, de la cual luego yo sería alumno. En esa ocasión el maestro de física nos había preparado un experimento para mostrarnos cómo aumentaba el volumen del líquido al aumentar la temperatura. Es decir, la misma masa de agua ocupa más espacio a mayor temperatura; o sea que su densidad se hace menor, por lo cual el agua más caliente “flota” sobre el agua más fría. Este comportamiento es común a todas las sustancias, por ejemplo el aire: un globo aerostático se eleva por tener en su interior aire más caliente que el del exterior. Hasta aquí, todo parece ser de nuevo cotidiano, simple y hasta aburrido... Pero ¿caso el hielo no está hecho de agua y se encuentra a menor temperatura que el líquido? El problema con esta pregunta es que ¡el hielo flota en el agua! Y esto nos lleva a otra pregunta ¿existe alguna otra sustancia cuyo sólido flote en su propio líquido? Aunque la respuesta es positiva, el número de materiales con esta característica es muy reducido; así que el agua volvía a mostrarme un comportamiento muy peculiar, que de nuevo llamó mi atención. ¡Vaya!, esa peculiaridad es de gran importancia para los organismos acuáticos en lugares con inviernos fríos: si el hielo no flotara, toda el agua de un estanque o de un lago acabaría congelándose; en cambio, la capa de hielo flotante aísla al líquido del aire frío y ayuda a mantener una temperatura cercana a 4° C, suficientemente alta para que los organismos acuáticos permanezcan vivos.

Quiero terminar esta primera contribución al diario diciendo que luego de cuarenta años de esa primera fascinación que me ocasionó la sustancia agua, sigo estudiando el tema de sus estados de agregación, que no deja de asombrarme, sino que incrementa mi interés por entenderlos. También me parece que vale la pena señalar que las peculiaridades del agua han estimulado la imaginación de muchas otras personas; a tal grado que varias de las conclusiones a las que han llegado son falsas, por ejemplo la de que el agua conserve una cierta “memoria”, bien de las sustancias que tuvo disueltas, o incluso de los estímulos sonoros y hasta escritos a los que se le haya sometido. Abundaré sobre estas falsas conclusiones en una siguiente contribución.