

LOS GRANDES APELLIDOS DE LA BIOTECNOLOGÍA

Martha Gabriela Ferrer Ríos

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (México)

Bibiana Moreno-Carranza

Instituto de Neurobiología de la Universidad Autónoma de México

RESUMEN

La biotecnología es un conjunto de herramientas desarrolladas en base a los seres vivos y sus procesos en búsqueda del progreso y crecimiento de las sociedades. Esta disciplina tuvo sus inicios con la domesticación de los cultivos hace ya más de 10000 años, y sigue hoy en día vigente con el desarrollo de nuevas estrategias biotecnológicas para la solución de problemas en áreas muy variadas (medicina, industria, ecología, entre otros). Pero todo esto no hubiera sido posible sin el conocimiento y visión de grandes científicos de todas las épocas. El presente texto trata de hacer una revisión de los científicos y sus aportaciones más relevantes al desarrollo de la biotecnología desde los tiempos antiguos hasta la actualidad.

1. INTRODUCCIÓN

El término biotecnología fue utilizado por primera vez en 1919 por el ingeniero agropecuario Károly Ereki, para referirse al proceso por el cual las materias primas podrían ser biológicamente transformadas en productos de gran utilidad para la sociedad (Kari & Kralovánzky, 2006). Hoy en día este concepto no ha cambiado mucho y se entiende por biotecnología, en su término mas general, al uso de organismos y sistemas biológicos para diferentes objetivos que aporten a la sociedad las herramientas necesarias para su crecimiento y desarrollo.

No obstante, a pesar de haber sido creado en 1919, los organismos y sus sistemas biológicos se utilizan desde tiempo inmemorables para nuestro beneficio. Sucedió desde épocas antiguas, 10.000 años a.C., cuando los primeros agricultores aprendieron sobre la domesticación, dando lugar a lo que hoy conocemos como selección artificial. Esta actividad se fue dando gradualmente con el fin de cultivar alimentos de mejor calidad y en mayor cantidad.

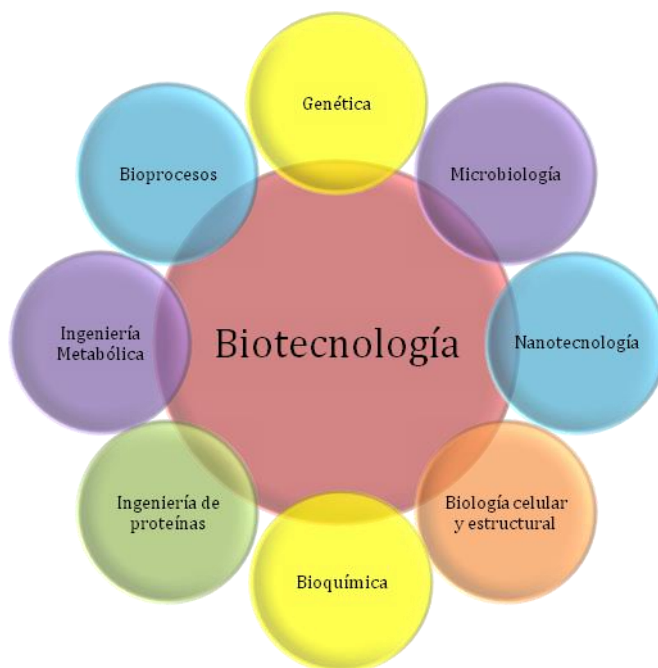
Más tarde, entre 2.700 y 2.200 años a.C., el antiguo imperio egipcio utilizó la biotecnología para la producción de vino. Los egipcios no sabían que las levaduras descomponían el azúcar de las uvas para formar alcohol, gracias al proceso que hoy conocemos como fermentación, pero sabían que después de extraer el zumo de las uvas, si este se dejaba en tinajas con ciertas condiciones de temperatura y humedad, se producía vino.

Años pasaron, y las actividades que implicaban la biotecnología seguían creciendo, como la conservación de los alimentos, la destilación del alcohol, la producción de cerveza y la generación de las primeras vacunas. Estas últimas fueron iniciadas por los antiguos sanadores chinos antes del siglo XVII. En la antigua China, el polvo de las costras de las pústulas de enfermos de viruela se utilizó para inmunizar a individuos sanos. En este ejemplo, los sanadores chinos de la época no sabían que la

viruela era una enfermedad vírica y que en las costras se encontraban restos generalmente inactivos de los virus producidos por el individuo enfermo.

Por lo tanto, la biotecnología ha sido utilizada desde tiempos atrás para la solución de diferentes problemas o necesidades que se han ido presentando en las sociedades. Además, es importante destacar, que la biotecnología no es una disciplina totalmente ajena al resto de disciplinas científicas, pues la mayoría de los logros biotecnológicos han requerido de estudios básicos en distintas áreas como la genética, microbiología, bioquímica, biología celular, ingeniería, entre otras (Figura 1).

Figura 1. Áreas que la Biotecnología requiere



Por lo tanto, el objetivo de la biotecnología, a la par con el de todas las tecnologías, es la solución de problemas que los humanos enfrentan (entendiendo como problema los retos que los individuos y las sociedades encuentran en su desarrollo, así como en su relación con el mundo exterior), es lógico pensar que la biotecnología ha tenido impacto en distintas áreas. En la Figura 2, se pueden observar varios desarrollos importantes que implicaron el uso de la biotecnología para áreas muy distintas de la vida. Pero para llegar a impactar en esas áreas, primero ocurrieron una serie de descubrimientos importantes.

2. DE LA PRIMITIVA SUSTANCIA ANIMAL A LAS PROTEÍNAS

El desarrollo de la biotecnología moderna no hubieran sido posible sin el descubrimiento de diferentes moléculas, microorganismos y procesos biológicos que hoy conocemos. Uno de ellos es el descubrimiento de las proteínas.

En 1838, se acuñó el término proteína por Johannes Mulder⁽¹⁾ tras sugerencia en un correo de Jacob Berzelius (Bradford, 1950). Sin embargo, 150 años antes de ser llamadas de esta forma, ya se habían identificado las proteínas y se consideraban, en ese entonces, como sustancias de origen animal que conformaban el músculo, la piel y la sangre.

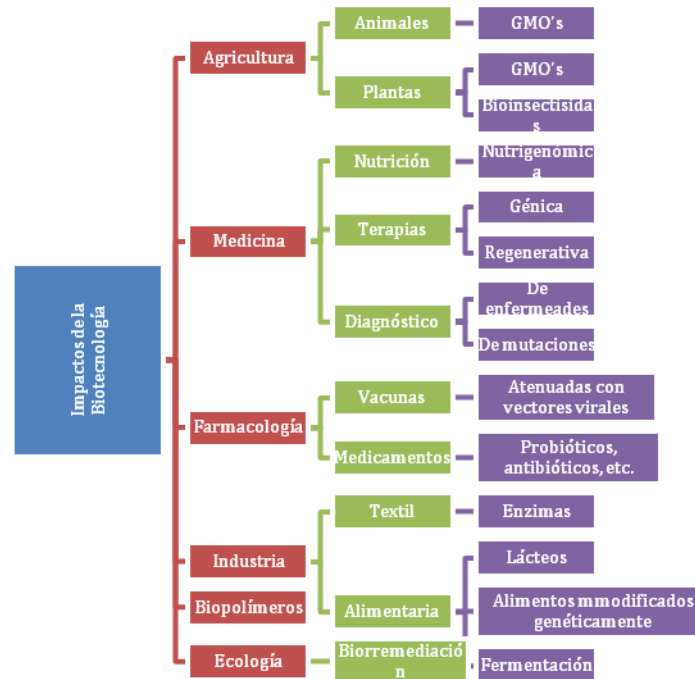
(1) "The organic substance which is present in all constituents of the animal body, also as we shall soon see, in the plant kingdom, could be named 'protein' from a Greek word 'proteios'

¹ Véase en Mulder : Bulletin des Sciences Physiques et Naturelles en Néerlandai; July-30-1838.

meaning 'of primary importance.'

Traducción: "La sustancia orgánica que está presente en todos los componentes del cuerpo animal, también como pronto veremos, en el reino vegetal, podría denominarse "proteínas" de una palabra griega "proteios" que significa "de primera importancia"."

Figura 2. Áreas en las que impacta la Biotecnología



En 1800, Francois Magendie y Jean Boussingault demostraron la importancia de las proteínas por la presencia de nitrógeno en sus estructuras. Magendie, en 1816, observó que, aquellos caninos que consumían preparaciones que contenían sólo azúcares o grasas, sobrevivían menos que aquellos a los que se les agregaba fuentes de nitrógeno en la dieta. Por su parte, Boussingault realizó estudios con vacas alimentadas con patatas y heno, y demostró que la comida debía ser valorada por la cantidad de nitrógeno que poseía, es decir, de proteínas (Carpenter, 2003).

Posteriormente, en 1838, Mulder y Berzelius introducen el término proteína, para referirse a la macromolécula que encontraron en sus estudios, presente en todas las sustancias animales que analizaron y que contenía cantidades invariables de sustancias necesarias para el cuerpo humano (Bradford, 1950).

Después, siguieron otros estudios que llevaron a la mejor caracterización de las proteínas. Estos descubrimientos han sido de gran trascendencia para áreas como la medicina, donde la falta o el exceso de una proteína puede generar una enfermedad específica, o la industria, pues hoy en día se utilizan proteínas con capacidad catalítica, las enzimas, para la generación de nuevos productos tales como detergentes, jabones, medicamentos o alimentos entre otros.

En relación a las enzimas, el descubrimiento de una biomolécula con función catalítica fue un punto crucial para el desarrollo de la biotecnología. El término enzima fue acuñado por Wilhelm Kühne⁽²⁾ en 1876, quien trabajaba con una molécula de gran importancia en el proceso digestivo de la albúmina (proteína presente en la sangre).

⁽²⁾ "Um Missverständnissen vorzubeugen und lästige Umschreibungen zu vermeiden schlägt Vortragender vor, die ungeformten oder nicht organisirten Fermente, (...), als Enzyme zu

² Véase en Kühne: Über das Verhalten verschiedener organisirter und sog. ungeformter Fermente; 1876.

bezeichnen."

Traducción: "Con el fin de evitar malentendidos y circunloquios engorrosos, el presentador propone designar como "enzimas" los fermentos sin forma definida o no organizados."

Hoy en día sabemos que la molécula con la que trabajaba Kühne es la tripsina, enzima responsable de la ruptura de otras proteínas, como la albúmina, mediante hidrólisis.

Pero, tal y cómo se puede inferir por la cita de Kühne, él no fue el primero en estudiar las enzimas. Antes de él, Louis Pasteur ya había incursionado en este campo de estudio. Entre muchos otros procesos, Pasteur investigó la fermentación y demostró que había microorganismos responsables de este proceso y las nombró fermentos. Posteriormente se hicieron muchos otros estudios para la caracterización de las enzimas responsables de la fermentación, y en 1897, Eduard Buchner, realizando estudios con extractos de levadura mezclados con soluciones acuosas azucaradas, descubrió que las enzimas podrían actuar sin necesidad de estar dentro de las células (Buchner, 1897). Este descubrimiento fue de gran importancia, dado que ayudó a la generación de nuevas tecnologías que utilizaran las enzimas sin requerimiento del ambiente celular para diversos procesos.

En este sentido, existen muchos ejemplos de la utilización comercial y casera de enzimas, entre los que se pueden nombrar: (i) La venta de sobres que contienen proteasas para el ablandamiento de harinas en la producción de galletas, barquillos y tostadas; (ii) Los tratamientos para la producción de papel reciclado que requieren de enzimas llamadas celulasas y amilasas que facilitan la desintegración del papel y ayudan a la obtención de una mejor pasta evitando los restos de tinta, y (iii) El uso de enzimas crudas y emulsionantes, como las amilasas, las celulasas, las lipasas y otras, para licuar, digerir y desodorizar desechos agrícolas.

3. EL MUNDO DE LOS NUCLEÓTIDOS

Durante mucho tiempo se creyó que las proteínas eran las moléculas de mayor importancia para los microorganismos, y esto no cambió hasta el descubrimiento de dos nucleótidos, el ADN y ARN.

El término ADN es el acrónimo de ácido desoxirribonucleico, y hoy se sabe que es la molécula que contiene toda la información necesaria para la operación de las diferentes células de un organismo. Pero el ADN no es solo un código de operación, sino que es esencial en muchos otros aspectos como la herencia y la evolución.

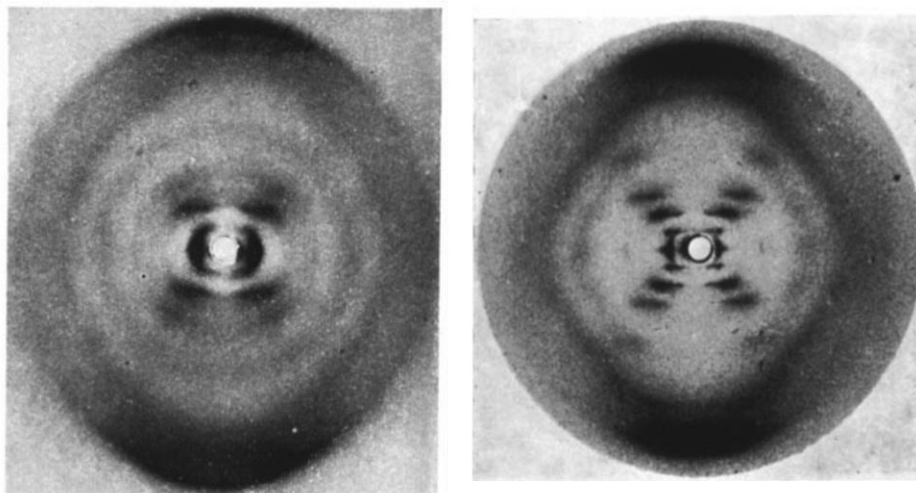
Aún cuando James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins recibieron el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1962 por sus estudios sobre la determinación de la estructura del ADN, el trabajo acerca de la composición, estructura y función del ADN había comenzado muchos años atrás.

El primero en aislar ADN fue Friedrich Miescher, quien en 1869, con un extracto nucleico proveniente del pus de las vendas quirúrgicas, identificó un material peculiar con mucha carga de fósforo al cual denominó nucleína (Dahm, 2008).

En 1937, William Astbury produjo la primera difracción de rayos X de moléculas de ADN con el fin de conocer su estructura, demostrando que este tenía una estructura regular. Pero no fue hasta 1952, cuando Rosalind Franklin obtuvo una buena imagen de rayos X del ADN que le permitió descifrar varias características de su estructura (Figura 3).

En 1953, Watson, Crick, Franklin y Wilkins describieron completamente la estructura del ADN y sus funciones en tres distintas publicaciones en la misma revista (Watson & Crick, 1953; Franklin 1953; Wilkins, 1953).

Figura 3. Imágenes de difracción de rayos X por ADN usadas en las publicaciones de 1953 por Wilkins y Franklin⁽³⁾



En los años 60 se dijo que el ADN tenía fragmentos o partes importantes en su estructura, que se traducían a proteínas pero que el resto de los fragmentos no tenían función. A estos últimos se les llamó “ADN basura”, término hecho popular por Charles Ehret y Gérard de Haller⁽⁴⁾ en 1963 y oficialmente establecido en 1972 por el genetista Susumu Ohno (Kuska, 1998). Hoy sabemos que el “ADN basura” en realidad es de suma importancia para la operación de la célula pues forma parte del mecanismo de regulación de su expresión y replicación.

⁽⁴⁾ *"While current evidence makes plausible the idea that all genetic material is DNA (with the possible exception of RNA viruses), it does not follow that all DNA is competent genetic material (viz. 'junk' DNA)..."*

Traducción: "Mientras que la evidencia actual hace plausible la idea de que todo el material genético es ADN (con la posible excepción de los virus de ARN), esto no conlleva que todo el ADN sea material genético competente (es decir el ADN "basura")..."

El descubrimiento del ADN y sus funciones ha sido de crucial importancia para la biotecnología. Tanto es así que esta molécula es objeto de múltiples y variadas investigaciones actuales. Un ejemplo claro son los estudios dirigidos al diagnóstico molecular para la detección temprana de enfermedades.

El ADN rige la herencia y la función de las diferentes células, y por tanto, el organismo, y es por ello que muchas enfermedades son causadas a partir de errores en la expresión o replicación del ADN, las mutaciones.

Hugo De Vries en 1901, introdujo el término mutación para referirse a la evolución causada de forma no continua, al contrario de la teoría propuesta por Charles Darwin en la cual establecía que la evolución es causada por variaciones continuas en los individuos. Pero no fue hasta 1953, cuando gracias a la descripción de la estructura del ADN de Watson y Crick, que el concepto mutación se explicó completamente.

Hoy sabemos que los genes son las unidades en el ADN que son descodificadas (es decir, transcritas) para producir proteínas. El descubrimiento de los genes y las mutaciones fueron el punto de partida para el diseño de estudios para la mejora de los organismos, como la terapia génica, las

³ Véase en Imágenes de Nature, April 25, 1953, pág. 738 y 740.

⁴ Véase en Ehret and de Haller: Origin, development, and maturation of organelles and organelle systems of the cell surface in Paramecium; 1963.

nuevas técnicas de diagnóstico, las vacunas, entre otros.

Gracias al conocimiento de los genes se pudo desarrollar la técnica de recombinación de ADN. La recombinación del ADN es un proceso artificial donde se combinan varias moléculas de ADN para crear secuencias que no existen de manera natural. En 1972, el estudiante de grado Peter Lobban logró por primera vez hacer una recombinación de ADN artificialmente, insertando ADN de un phago ypsilon (virus) en una bacteria y observó que este ADN nuevo podía mezclarse con el ADN de la bacteria, es decir recombinar (Berg & Mertz, 2010). Esta tecnología se completó con el descubrimiento de los enzimas de restricción por Stanley Norman Cohen y Herbert Boyer en 1973 (Berg & Mertz, 2010). Estas enzimas son proteínas derivadas en su mayoría de bacterias que permiten cortar y pegar fragmentos de ADN de forma específica.

La tecnología del ADN recombinante ha servido desde entonces para estudios que van desde la investigación básica hasta producción de proteínas de interés para su comercio.

La primera proteína de interés clínico generada mediante tecnología de ADN recombinante fue la somatostatina por Keiichi Itakura en 1977 (esencial para regulación de la insulina). A esta le siguió la insulina en 1982 (importante en la regulación del azúcar en la sangre) y la eritropoyetina en 1986 (para la producción de células de la sangre).

La aplicación del ADN recombinante, fue sin duda el origen de la ingeniería genética y de la ingeniería de proteínas, donde se desarrollaron nuevas biotecnologías, como los Organismos Genéticamente Modificados (OGMs) en los cuales se modifica el genoma para obtener un nuevo organismo que produzca una proteína ya sea propia o de otra especie en grandes cantidades.

El primer OGM fue una bacteria resistente a un antibiótico producida en 1973 por Cohen, mencionado anteriormente por el descubrimiento de los enzimas de restricción. A esta le han seguido multitud de animales y plantas genéticamente modificados como el ratón con ADN de un virus de Rudolf Jaenish en 1974, el tomate con ADN de una proteína bacteriana conteniendo capacidades anticongelantes provenientes del pez lenguado en 1991 por Robin Hightower, el pez Glofish con genes que le hacen fluorescente y que fue el primer OGM de venta al público como animal de compañía en el 1999 por Zhiyuan Gong, o finalmente el cultivo de 160 millones de hectáreas de plantas modificadas genéticamente durante el periodo de 1993 a 2011 (según la ISAAA).

Hoy en día incluso el propio ser humano puede llegar a ser un OGM. Esto es posible mediante la terapia génica que es la introducción de genes al ser humano con, hasta ahora, fines terapéuticos. Entre los diferentes ejemplos de terapia génica en humanos destaca el tratamiento de la deficiencia de adenosina desaminasa (una proteína presente en el sistema inmune), por ser la primera enfermedad tratada de esta forma en Estados Unidos por Ashanti DeSilva en 1990. Hoy en día son muchas las enfermedades con soluciones en terapia génica, como la granulomatosis crónica, la leucemia linfocítica aguda, la hemofilia, entre otras.

Por otra parte, los genes han llegado incluso a impactar en disciplinas que, a priori, se entendían completamente distantes, como la nutrición. Incluso, existe una rama de nutrición llamada nutrigenómica donde se estudia cómo los genes afectan o benefician a la capacidad de procesar o requerir ciertos alimentos. El concepto de nutrigenómica fue introducido por Nancy Fogg-Johnson⁽⁵⁾ hace poco más de una década para referirse a la evolución de la ciencia de la nutrición que inició tiempo atrás con los estudios de nutrición de Hipócrates de Cos, de calorimetría de Antoine de Lavoisier y de muchos otros investigadores en medicina molecular y bioquímica (Fogg-Johnson, 2000).

⁽⁵⁾ “*We call this the new era in nutritional science the genetic era, or nutrigenomics*”.

⁵ Véase en Fogg-Johnson: Nutrigenomics: The next wave in nutrition research; 2000.

Traducción: "Nosotros llamaremos a esta nueva era en la ciencia nutricional como era genética o nutriogenómica".

Por todo lo anterior, se podría pensar que, tras el descubrimiento de las biomoléculas, los niveles de organización superiores resultarían demasiado complejos para el estudio y desarrollo de tecnologías, pero nada más allá de la realidad. El ADN y las proteínas, en muchas ocasiones, no tendrían posibilidad de realizar sus funciones de no ser porque están dentro de las células.

4. EL ÁMBITO CELULAR

Las células fueron descubiertas por Robert Hooke en 1665, al observar con microscopio láminas de corcho y ver unas pequeñas cavidades repetitivas que le recordaron a las celdas de los monjes de los monasterios (Figura 4).

Figura 4. Microscopio y láminas de corcho usadas por Robert Hooke para describir las células en 1665⁽⁶⁾



Hoy se sabe que hay células de distintos tipos y con funciones muy diferentes, que algunas viven ancladas las unas con las otras formando tejidos y otras en grupos pero sin adherirse entre ellas. Un ejemplo clásico de célula que además es de gran relevancia para la biotecnología es la célula bacteriana identificada por Leeuwenhoek en 1683.

Las bacterias son microorganismos unicelulares que puede vivir en grupos sin formar un tejido. Pueden ser autótrofas (es decir, que generan su propio alimento a partir de materia prima del ambiente) o heterótrofas (es decir, que deben alimentarse con sustancias orgánicas producidos por otros organismos).

La bacteria y todas sus variedades han sido utilizadas en múltiples métodos biotecnológicos, entre los que podemos destacar la recombinación de ADN, la producción de metabolitos secundarios, la producción de lácteos o incluso la producción de antibióticos en 1877 por Pasteur y Robert Koch y probióticos por Rosalie Stillwell en 1965.

Otro de los desarrollos biotecnológicos relacionado con el uso de las células, en este caso humanas, es uno que ha revolucionado la medicina moderna, la fecundación in vitro. Este gran avance

⁶ Véase en imágenes tomadas de la página web de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba; <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Celula/teoria.htm>

fue posible gracias al trabajo conjunto de médicos e investigadores como el ginecólogo Patrick Steptoe y el científico Robert Edwards quién fue galardonado en 2010 con el Premio Nobel en Fisiología y Medicina por el desarrollo de esta herramienta biotecnológica.

Finalmente, en 1908 el ruso Alexander Maximov habló de células madre para referirse a unas células sin función específica, pero con la capacidad de dividirse y diferenciarse en todos los tipos celulares de un organismo completo (Kumar et al., 2010). Las células madre hoy en día se utilizan en múltiples aplicaciones biotecnológicas como en terapia regenerativa, inmunoterapia y terapia génica.

5. ALGUNAS TECNOLOGÍAS RECIENTES Y EL FUTURO DE LA BIOTECNOLOGÍA

La biotecnología sigue descubriendo técnicas y aplicaciones nuevas. Avances en diferentes áreas como la salud y la agricultura han sido gracias a la realización de diferentes proyectos y a las investigaciones de nuevos términos.

Es de esperarse que la genómica juegue un papel importante en estas nuevas tecnologías por ser tan relevante en la determinación de las formas y funciones de proteínas y, por ende, de la función de las distintas células.

Un ejemplo de aplicación biotecnológica de los últimos años es el descubrimiento de los ARN de interferencia (ARNi) por Carolyn Napoli y Richard Jorgensen (1990). En sus estudios con petunias, demostraron que existía alguna clase de represión de la expresión del gen que daba el color violeta a estas plantas. Ellos pensaron que si trataban de expresar en mayor cantidad a la habitual el gen que parecía controlar el color violeta, obtendrían petunias de mayor intensidad de dicho color. Sin embargo, al sobreexpresar dicho gen, al contrario de obtener el color intenso deseado, se obtenía solo petunias de color blanco (Sen & Blau, 2006).

Los trabajos para ver esta represión continuaron en diferentes organismos, hasta que en 1998, Fire y Mello acuñaron el término ARNi para describir la regulación de una proteína del músculo en el gusano *C. elegans*. Esta molécula de ARNi, al ser generada, impedía la formación de dicha proteína (Sen & Blau, 2006).

El descubrimiento de los ARNi ha traído como consecuencia el origen de distintas tecnologías que llevan al mejoramiento genético de los organismos y aún siguen en desarrollo. Un ejemplo es el silenciamiento de la expresión de los virus, pues investigadores han buscado usar ARNi para combatir enfermedades de plantas causadas por virus.

En el campo de la biología molecular y ingeniería de proteínas, también se han realizado nuevos descubrimientos. Uno de ellos fue el descubrimiento de la telomerasa en 1985 por Carol Greider y Elizabeth Blackburn. La telomerasa es la encargada de proteger la información genética de los organismos mediante la evasión del acortamiento de los telómeros (secuencias que se encuentran al final de los cromosomas), mecanismo que favorece la supervivencia y división de las células e impide su muerte (Corey, 2010).

Jaskelioff, en 2010, realizó experimentos activando la telomerasa en ratones mediante el consumo de un químico llamado 4-OHT durante un mes. Observó que los órganos se recuperaban de su estado degenerativo y que incluso volvían a ganar fertilidad y demostró, por lo tanto, que la manipulación de la telomerasa es una opción para la regeneración de los órganos e incluso para la evasión temporal del envejecimiento (Jaskelioff et al., 2010).

Por su parte, Christopher Counter y colaboradores, en 1994, descubrieron que la telomerasa se encuentra mutada en el cáncer mediante estudios en células de cáncer de ovario, descubriendo la capacidad de estas células para reactivar la enzima (Jaskelioff et al., 2010). Estos estudios ayudaron a

la creación de líneas celulares, pues al mutar el gen de esta enzima, las células podían dividirse en más ocasiones a que si no las mutaban. Estas líneas celulares son de gran utilidad en investigación pues permiten realizar experimentos con mayor facilidad y rapidez.

Finalmente, la biotecnología medioambiental, que es el uso y desarrollo de materiales biológicos para resolver problemas medioambientales, esta teniendo un gran impacto en nuestros días, pues son varios los problemas medioambientales que la Tierra y la humanidad se enfrentan. Entre ellos se puede mencionar: la degradación de suelo, aire y agua debido a la contaminación, el decremento de fuentes de energía y alimento, y el cambio climático entre otros.

Varias soluciones biotecnológicas para estos problemas están actualmente en proceso de desarrollo o mejora. Entre ellas: (i) El desarrollo de células microbianas que utilizan hidrocarburos a la vez que generan energía para el uso humano en la recuperación *in situ* de suelos y aguas contaminadas con estos hidrocarburos, por el grupo de investigación liderado por Zhiyong Ren en EE.UU. a inicios de 2014; (ii) La producción de biocombustibles a partir de plantas y algas que a su vez sirven para la recuperación de aguas contaminadas pues se utilizan aguas de desecho para su cultivo, por el grupo de Eugenia J. Olgún en México en 2012, o (iii) El desarrollo de biofertilizantes para la bioremediación de contaminación con pesticidas organofosforados, por Mohammed Hendawi en Egipto en 2014.

6. CONCLUSIÓN

La biotecnología es una ciencia aplicada que se basa en el conocimiento generado por las ciencias básicas para el desarrollo de herramientas que sirvan tanto para continuar con la investigación como para resolver problemas del día a día. En la presente revisión se ha podido destacar la relación tan íntima entre esta disciplina y el progreso del conocimiento humano. Es claro que la biotecnología en sí misma es una disciplina que se inició con las primeras civilizaciones y que se encuentra en continuo desarrollo.

Con la generación de nuevos conocimientos, nuevas aplicaciones tecnológicas serán desarrolladas y es por ello que resulta difícil predecir el alcance futuro de esta disciplina. Hoy se sabe que los procesos biotecnológicos se encuentran en muchas facetas de la vida diaria (la producción de comida, la salud, la obtención de energía, los recursos, etc.) pero es posible que en un futuro muchas más biotecnologías estén implicadas en la generación de nuevas áreas habitables en otros planetas, el viaje a través del espacio, la regeneración de la atmósfera terrestre, el consumo de otras fuentes de energía, el tratamiento momentáneo de enfermedades, entre otras.

Sería interesante tratar de descifrar qué nos espera en los avances que vendrán, ¿hasta dónde llegaremos?, ¿qué lograremos?, ¿qué consecuencias tendrán?. Es sin duda desconcertante saber la respuesta a estas interrogantes, más aún cuando se sabe que la biotecnología se ha iniciado desde el principio de la evolución humana, por lo que es probable que continúe hasta el final de nuestra era.

BIBLIOGRAFÍA

- BERG & MERTZ (2010): Personal reflections of the origins and emerge of recombinant DNA; Genetics Society of America, 9-17.
- BHATNAGAR (2007): Recombinant DNA technology and biotechnology.
- BRADFORD (1950): The origin of the word protein. Yale Journal of Biology and Medicine, 387-393.
- BUCHNER, E. (1897): "Alkoholische Gahrung ohne Hefezellen" Ber. Dt. Chem. Ges. 30, 117-124; 1.110-1.113.
- CARPENTER (2003): A short history of Nutritional Science: Part 1. American Society for Nutritional Sciences. J. Nutr., 638-645.
- COREY (2010): Telomeres and telomerase: From discovery to clinical trials. Chemical Biology, 1.219-1.223.

- DAHM (2008): Discovering DNA: Friedrich Miescher and the early years of nucleic acid research. *Human Genetics*, 565-581.
- DE VRIES (1889): Intracellular pangenesis.
- EHRET; DE HALLER (1963): Origin, development, and maturation of organelles and organelle systems of the cell surface in *Paramecium*.
- ELIÉCER (2003): Producción y aplicación de enzimas industriales. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 9-15.
- FOGG-JOHNSON (2000): Nutrigenomics: The next wave in nutrition research.
- FRANKLIN (1953): Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate. *Nature* 171, 740-741.
- JASKELIOFF; MULLER; PAIK; THOMAS; JIANG; ADAMS; SAHIN; KOST-ALIMOVA; PROTOPOPOV; CADIÑANOS; HORNER; MARATOS-FLIER & DEPINHO (2010): Telomerase reactivation reverses tissue degeneration in aged telomerase-deficient mice. *Nature*, 102-106.
- KARI & KRALOVÁNZKY (2006): The founding father of biotechnology. *International Journal of Horticultural Science*, 9-12.
- KÜHNE (1876): Über das Verhalten verschiedener organisirter und sog. Ungeformter Fermente, 191-198.
- KUMAR; SHARMA; PATTNAIK & VARADWAJ (2010): Stem cells: An overview with respect to cardiovascular and renal disease. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 43-52.
- KUSKA (1998): Should scientists scrap the notion of junk DNA?. *Journal of the National Cancer Institute*, 1.032-1.033.
- MARI; MORENO-ALIAGA; ZULET & MARTÍNEZ (2005): Avances en nutrición molecular: Nutrigenómica y/o nutrigenética. *Nutr. Hosp*, 157-164.
- MULDER (1838): *Bulletin des Sciences Physiques et Naturelles en Néerlandai*.
- SEN & BLAU (2006): A brief history of RNAi: The silence of genes. *The FASEB Journal*, 1.293-1.299.
- WATSON & CRICK (1953): A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature* 171, 737-738.
- WILKINS (1953): Molecular Structure of Deoxypentose Nucleic Acids. *Nature* 171, 738-740.