



UNIVERSIDAD DEL MAR

Institución Pública de Educación Superior



Puerto Ángel

LICENCIATURAS

Ingeniería en Pesca
Oceanología
Ingeniería en Acuicultura
Ingeniería Ambiental
Ciencias Marítimas
Biología Marina

MAESTRÍAS

Ciencias: Ecología Marina
Ciencias Ambientales:
(Área de Concentración: Química Ambiental
ó Ingeniería Ambiental)

DOCTORADOS

Ecología Marina
Ciencias Ambientales



Huatulco

LICENCIATURAS

Actuaría
Economía
Ciencias de la Comunicación
Relaciones Internacionales
Administración Turística

MAESTRÍAS

Derecho Internacional Penal
Mercadotecnia Turística
Relaciones Internacionales:
Medio Ambiente



Puerto Escondido

LICENCIATURAS

Ingeniería Forestal
Biología
Zootecnia
Informática
Enfermería

MAESTRÍAS

Ciencias: Manejo de Fauna Silvestre
Ciencias Genómicas
Producción y Sanidad Animal

DOCTORADOS

Producción y Sanidad Animal

Consulta las bases y requisitos en :

www.umar.mx

También puedes escribir a las siguientes direcciones:

promocionumar@huatulco.umar.mx

difusion.umar@hotmail.com

o bien, comunícate a cualquiera de los Campus.

 /Universidad del Mar

 @UMAR_SUNEO



Ciudad Universitaria
Puerto Escondido
Tel. (954) 582 4990
Ext. 310, Fax. 01 (954) 582 2992
servesc@zicatela.umar.mx

Ciudad Universitaria
Puerto Ángel
Tel/Fax (958) 584 3184/3078/3092
Ext. 118 y 129
servesc@angel.umar.mx

Ciudad Universitaria
Huatulco
Tel/Fax (958) 583 0434
Ext. 210
servesc@huatulco.umar.mx



Presente biotecnológico de México

Elizabeth López Torres¹* & Donají López Torres¹

Resumen

La biotecnología moderna se ha convertido en una herramienta invaluable en diversos sectores y se posiciona como una de las áreas de mayor interés global para impulsar el desarrollo económico, social y cuidado ambiental, entre otros. Los avances y aplicaciones son diversas, entre las cuales destacan: la generación de proteínas recombinantes con uso terapéutico; obtención de plantas genéticamente modificadas que le confieren mayor resistencia a condiciones adversas y agentes patógenos, calidad y productividad; animales modificados genéticamente útiles como modelo experimental en ciencia básica; así como la obtención de enzimas empleadas en diversos sectores industriales. Debido al impacto positivo de la biotecnología es importante analizar su escenario en nuestro país, por ello el objetivo de este trabajo es proporcionar información respecto a la situación de la biotecnología en México, el impacto socioeconómico, áreas de oportunidad, aplicaciones recientes y su relevancia. México se está convirtiendo en un escenario clave, ya que por una parte cuenta con gran riqueza natural y por la otra, con recursos humanos altamente capacitados para desarrollar biotecnología. Aún falta mucho por hacer, sin embargo, es importante reconocer que la biotecnología es factor decisivo para el desarrollo y bienestar de nuestro país.

Palabras clave: biotecnología, económico, patentes, industrias, aplicaciones.

Abstract

Modern biotechnology has become an invaluable tool in various sectors and has been positioned as one of the areas of greatest global interest to promote economic, social and environmental development, among others. The advances and applications are diverse, including the generation of recombinant proteins for therapeutic use and creating genetically modified plants that confer greater resistance to adverse conditions and pathogens, and have better quality and productivity. Genetically modified animals are useful as an experimental model in basic science and be utilized to obtain enzymes used in various industrial sectors. Due to the positive impact of biotechnology it is important to analyze its place in our country, so the objective of this work is to provide information about biotechnology in Mexico, and furthermore its socio-economic impact, its areas of opportunity and its recent applications and their relevance. Mexico is becoming a key location for biotechnology since it has great natural wealth as well as highly qualified human resources to develop biotechnology. There is still much to be done but it is important to recognize that biotechnology is a decisive factor in the development and well-being of our country.

Key words: biotechnology, economic, patent, industries, applications.

Recibido: 22 de junio de 2018

Aceptado: 10 de septiembre de 2018

¹ Licenciatura en Biología, Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Ciudad Universitaria, Carretera Federal Sola de Vega - Puerto Escondido, 71980, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.

* Autor de correspondencia: loto.elizabeth@gmail.com (ELT)

Introducción

Cuando pensamos en la biotecnología idealizamos un sinnúmero de procesos biológicos que involucren a los organismos, técnicas moleculares y técnicas industriales que den como resultado avances científicos que satisfagan necesidades humanas, industriales, médicas y ambientales.

La biotecnología ha dejado de ser una actividad exclusiva de países altamente desarrollados y en la actualidad se muestra como un área de impacto, interés social y económico en los países en desarrollo, tal como sucede en México, por ello el objetivo de este trabajo es mostrar la situación actual de la biotecnología, impacto socioeconómico, áreas de oportunidad, puntos clave para su desarrollo y aplicación en nuestro país.

Actualmente es necesario dar a conocer los beneficios de las innovaciones científicas y tecnológicas y establecer su vinculación con los sectores productivos del país. Nos enfrentamos ante el reto de concientizar las ventajas, el uso correcto y la situación actual de la biotecnología y la necesidad de considerarla como un factor clave para el desarrollo de México.

Etapas de la biotecnología

Definimos a la biotecnología como el conjunto de procesos biológicos que permiten la aplicación de principios de la ciencia y la ingeniería utilizando propiedades o compuesto de los seres vivos para la obtención de productos útiles (Argüello Astorga 2006, CARPL 2003) con la finalidad de aportar

soluciones innovadoras y sustentables a diferentes problemáticas humanas como ambientales (Wilches Flórez 2010). La biotecnología es multidisciplinaria pues involucra diferentes ciencias como la microbiología, biología, bioquímica, virología, agronomía, ingeniería genética, química, medicina, veterinaria, entre otras (Wilches Flórez 2010, Kafarski 2012).

De acuerdo con Wilches Flórez (2010) y Álvaro (2008) existen tres etapas históricas en la biotecnología (Figura 1); la primera etapa comienza con los orígenes de la cultura humana hasta el siglo XVII, se caracteriza por el uso de tecnologías antiguas como la transformación de los alimentos (pan, cerveza, vino, lácteos); la segunda etapa conocida como biotecnología tradicional comienza con la revolución científica en el siglo XVII, la transformación del pensamiento científico, creación del modelo moderno de la ciencia occidental y el surgimiento de una comunidad científica, el establecimiento de la bioquímica y la aparición de la biología molecular; y la tercera etapa llamada biotecnología moderna ocupa las últimas décadas del siglo XX posterior al descubrimiento de la estructura de doble hélice del DNA (Desoxirribonucleic Nucleotid Acid, por sus siglas en inglés) en 1953 por Watson y Crick este evento le siguieron otros descubrimientos que permitieron el surgimiento y desarrollo de la biotecnología, tales como el desciframiento del código genético, labor desempeñada por más de un grupo de trabajo, destacando Har Gobind Khorana y Marshall W. Nirenberg, que junto con Robert W. Holley recibieron el Premio Nobel de Medicina o Fisiología por ello, en 1968. Una

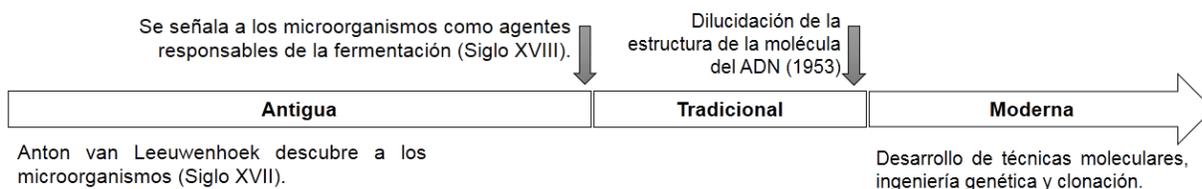


Figura 1. Etapas de la biotecnología. La biotecnología antigua finaliza con la identificación de los microorganismos como agentes causales de procesos fermentativos y da inicio la biotecnología tradicional, en donde los microorganismos: bacterias y levaduras, principalmente, son empleados para generar productos de importancia para el hombre, finalmente la dilucidación de procesos moleculares da fin a la biotecnología tradicional y se abre paso a la biotecnología moderna, la cual emplea técnicas que permiten la manipulación genética de los organismos.

vez establecido el código genético; el descubrimiento, aislamiento y caracterización de las primeras enzimas de restricción se convirtió en otro evento que abrió las puertas para la capacidad de manipular el DNA, por ello Werner Arber, Hamilton O. Smith y Daniel Nathans recibieron el Premio Nobel de Medicina o Fisiología en 1978. Una vez contando con las enzimas de restricción, en 1972, Paul Berg las empleó para construir la primera molécula de DNA recombinante, entre un vector vírico animal y un fago λ . Un año más tarde, Stanley Cohen y Herbert Boyer consiguieron introducir un plásmido recombinante en la bacteria *E. coli*, con ello se marcó el surgimiento de la "ingeniería genética". En los años posteriores se desarrollaron y perfeccionaron otras técnicas para el procesamiento del DNA; por ejemplo, el desarrollo de las técnicas de clonación y secuenciación, así como la implementación de la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR: polymerase chain reaction) desarrollada por Kary Mullis en 1983. ¿Quién sospecharía que la clonación, secuenciación e ingeniería genética se convertirían en los ingredientes principales de la biotecnología! En la actualidad las técnicas de procesamiento del DNA aún siguen mejorando, para ser más eficientes, sensibles y económicas.

Aplicaciones e impacto económico de la biotecnología

Actualmente se cataloga a la biotecnología en colores con base a sus aplicaciones comunes (Tabla I). De acuerdo con Kafarski (2012) y Díaz Martínez (2010) se puede clasificar en verde, roja, blanca, azul y gris (este último está sustituido por el color violeta por Kafarski 2012), por su parte DaSilva (2004) propone un grupo de diez colores que incluye a los seis antes mencionados y agrega al color oro, amarillo, marrón y oscuro. Las principales áreas biotecnológicas en la actualidad son: la obtención de especies animales y vegetales transgénicas y su gran variedad de aplicación, DNA recombinante e ingeniería genética, plantas y cultivos de tejidos vegetales, cultivo de células y biotécnicas reproductivas (Wilches Flores 2010), biocatalizadores, biorremediación, fermentación,

biocombustible y productos orgánicos como alternativa al petróleo, ingeniería de procesos biotecnológicos (CARPL 2003), medicina personalizada basada en la genómica y proteómica (Ugalde 2014).

Tabla I. Colores de la biotecnología. La biotecnología se puede representar en colores de acuerdo al área en que se aplique.

Color	Aplicación
Rojo	Salud y diagnóstico médico
Amarillo	Aplicada a los alimentos
Azul	Biotecnología acuícola o marina
Verde	Biotecnología agrícola
Marrón	Biotecnología de desiertos
Negra	Contra el bioterrorismo
Púrpura	Relacionada a patentes, legislación y bioética
Blanco	Aplicación en procesos industriales
Oro	Relacionada a la bioinformática y nanotecnología
Gris	Aplicada a conservación del ambiente
Naranja	Difusión de la biotecnología y sus aplicaciones

A nivel mundial la biotecnología ha mostrado un crecimiento fuerte alcanzando un valor de 307 miles de millones de dólares en 2015 y se pronosticó que para el 2017 alcanzará un valor de 468.1 miles de millones de dólares (Izquierdo Tolosa & Pérez Zazueta 2014). De acuerdo a las aplicaciones de la biotecnología se reconocen 4 sectores (Fig. 2) de gran importancia donde el sector dedicado a la salud humana ocupa el 49.1%, seguido del sector agrícola con un 18.6%, con un 16.5% el sector industrial y con un porcentaje del 6.1% el sector salud animal y por último el 9.7% lo conforman sectores varios (PROMEXICO 2016).

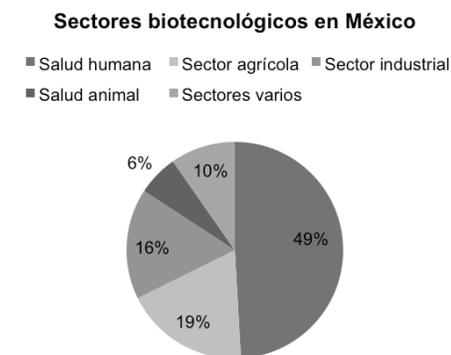


Figura 2. Sectores biotecnológicos a nivel mundial.

Comienzo y presente biotecnológico en México

Los primeros grupos de investigadores en el campo de la biotecnología en México y otros países de Latinoamérica se establecieron en los años ochenta, por lo que el quehacer de la biotecnología en México aún es joven.

México cuenta con investigadores que se han caracterizado por impulsar la biotecnología, como ejemplo, el Dr. Luis Rafael Herrera Estrella, fundador del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, catalogado como uno de los científicos más influyentes en biotecnología a nivel mundial; por otra parte el Dr. Francisco Gonzalo Bolívar Zapata, que junto con el Dr. Keiichi Itakura lograron por primera vez, la producción de proteínas recombinantes en bacterias. Sin embargo no son los únicos que posee tan majestuosa trayectoria, pues así como ellos, también hay muchos otros que surgen a diario y forjan la historia de la biotecnología en nuestro país.

Nuestro país cuenta con más de 406 empresas que desarrolla o utilizan biotecnología moderna, las cuales están divididas en diferentes segmentos: 33% constituyen el segmento de la salud, el 19% corresponde a industrias, 14% en el de alimentos, 13% en el medio ambiente y el resto a otras áreas esto según datos reportados en el portal de PROMEXICO (2017) en el área de Acciones y Programas.

En Plataforma de Exportación, México sobresale como uno de los más importantes proveedores de biotecnología para Estados Unidos (Izquierdo Tolosa y Pérez Zazueta 2014); en el 2013 México registró 47 millones de dólares en importaciones estadounidenses de productos de biotecnología y 3 533 millones de dólares en importaciones estadounidenses de la industria de ciencias de la vida, por ello se dice que México cuenta con una fuerte especialización en el tema de bio y nanotecnología (PROMEXICO 2017). Por ejemplo, durante la convención Bio Internacional 2017, realizado en San Diego California, E.U. empresas mexicanas promovieron sus productos y servicios para industrias farmacéuticas, dispositivos

médicos, agricultura y energía; esto generó interés de las empresas para invertir en proyectos mexicanos.

De acuerdo a la página de PROMEXICO (2016) México es el segundo país más importante de América latina con desempeño biotecnológico con base en la cantidad de pruebas clínicas realizadas en el primer semestre de 2015. En México se trabaja con cinco sectores que son: capital humano, costo competitivo, centros de investigación, propiedad intelectual y plataforma de exportación.

Institutos y producción biotecnológica en México

En el sector de Capital Humano México oferta 142 universidades relacionadas directamente con la biotecnología ofertando 169 licenciaturas (Izquierdo Tolosa y Pérez Zazueta 2014) y 90 instituciones con programas de posgrado (PROMEXICO 2016) contando con 18 500 alumnos egresados en el 2011 (Izquierdo Tolosa & Pérez Zazueta 2014) así como 7,500 investigadores especializados en este campo (PROMEXICO 2017). Las entidades federativas que ofertan programas educativos relaciones con la biotecnología son; el Distrito Federal, Jalisco, Puebla, Estado de México, Michoacán, Yucatán, Guanajuato, Nuevo León, Oaxaca, Veracruz, Sinaloa, Durango, Hidalgo y Morelos (Izquierdo Tolosa & Pérez Zazueta 2014).

En el sector de costos competitivos nuestro país ofrece costos menores. En el 2013 registró en los rubros de investigación y desarrollo en biotecnología (I+D) un 35.9 % de ahorro, 31.5% de ahorro en pruebas clínicas, 39.3% de ahorro en pruebas de productos y 14.4% de ahorro en fabricación de productos farmacéuticos (Izquierdo Tolosa & Pérez Zazueta 2014, PROMEXICO 2014, PROMEXICO 2017).

En Centros de Investigación destacan diversas instituciones como el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO, <http://langebio.cinvestav.mx/>) localizada en Guanajuato, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM, <https://tec.mx/es>) en Nuevo León, la

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, <http://www.enesmorelia.unam.mx/>) campus Morelos, el Instituto de Investigaciones Biomédicas UNAM (IIB, <https://www.biomedicas.unam.mx/>), Instituto Nacional de Medicina Genómica de la Secretaría de Salud (INMEGEN, <http://www.inmegen.gob.mx/>), El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV, <http://www.cinvestav.mx/>) por mencionar algunas (FCCyT 2011, PROMEXICO 2014, PROMEXICO 2016).

En el año 2013 el sector de Propiedad Intelectual México se posicionó entre los diez primeros países con el mayor número de patentes registradas y en periodo 2010 a 2013; el 21% perteneció al sector farmacéutico, biotecnología e ingeniería química (PROMEXICO, 2016). Para el 2014 el número de patentes en México creció a una tasa anual (TMCA) de 1,9% (PROMEXICO 2014); en el 2016 según datos de la OMPI (2018) nuestro país solicitó 18,507 patentes de las cuales 1,310 son residentes, 16,103 no residentes y 1,094 en el extranjero y fueron otorgadas 423 residentes, 8,229 no residentes y 530 en el extranjero y para ese mismo año están en vigor 109,238 patentes en total.

Nuevas aplicaciones y postura biotecnológica en México

Actualmente en México se desarrolla y aplica la biotecnología en diferentes áreas en conjunto con el sector industrial, tal es el caso de Unidad de Biotecnología Vegetal del Ciatej (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C, <http://ciatej.mx>), en su labor han apoyado a empresas para la obtención de plantas con mejores características, mayor productividad y calidad; por ejemplo la estevia (*Stevia rebaudiana*) cultivada en Nayarit, la cual fue mejorada genéticamente para hacerla más resistente, con mayor crecimiento, absorba más nutrientes, tolerante a sequías y enfermedades. Otro ejemplo representativo es la obtención de metabolitos a partir del cempasúchil con potencial antibacteriano, para

sustituir los bactericidas químicos convencionales (Muñoz 2017).

En el 2017, le fueron otorgadas a la UNAM cuatro nuevas patentes para invenciones generadas en el Instituto de Biotecnología (IBt), entre las cuales destacan: la generación de nuevos péptidos producidos en bacterias modificadas genéticamente con poder antibiótico contra bacterias multirresistentes; y la obtención del péptido BvTx47 mediante la técnica del ADN recombinante, el cual posee actividad analgésica (Trejo-Loyo & Patiño-Vera 2018).

La biotecnología mexicana también responde ante problemas globales, como la generación de biocombustibles a partir de residuos orgánicos, tal y como lo muestran investigadores del CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional, empleando enzimas obtenidas a partir del hongo *Trichoderma reesei*, proponen un novedoso sistema de biorrefinería en 4 etapas, con lo cual se obtendrían combustibles más energéticos que la gasolina, sin producción de dióxido de carbono y fácil distribución; esto impactaría positivamente al ambiente y al sector socioeconómico (Escamilla-Alvarado *et al.* 2016).

La biotecnología en México está posicionándose como un tema prioritario para el desarrollo, prueba de ello es el primer Foro Forbes de la Salud realizado el 23 de mayo de 2018 en la Ciudad de México (Medina 2018). Nuestro país se hace presente en eventos de talla internacional, como en la Convención de la Organización de Innovación Biotecnológica (BIO 2018, <http://convention.bio.org/>), el evento más importante en su tipo, organizada anualmente por la Organización de Innovación Biotecnológica. Su más reciente edición tuvo lugar en Boston, E.U. del 4 al 6 de junio de 2018, en donde estuvieron presentes 7 de las empresas biotecnológicas más importantes del país (PROMEXICO 2018).

Adicionalmente México se torna un país atractivo para la colaboración y difusión de conocimientos biotecnológicos, por ejemplo, la realización del 5º Congreso Internacional de Biotecnología y Genómica (GENOBIOTEC

2018, <https://www.genobiotec18.com>), realizado del 7 al 9 de junio de 2018 en Monterrey N.L. y el Latin Food 2018: 8th Food Science, Biotechnology & Safety Congress a realizarse en Puerto Vallarta, Jalisco, del 14 al 16 de noviembre del 2018, en colaboración con la Asociación Mexicana de Ciencias de los Alimentos A.C (<http://amecamex.mx>) y la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería (<https://smbb.mx>).

Regulación de la biotecnología en México

A la par de las posibilidades y soluciones que se nos presenta con el uso de la biotecnología, también surge la necesidad de plantear leyes y revisar las que ya existen para regular el uso y/o manipulación de los organismos, de ahí es que ha surgido la importancia de la biojurídica, regido bajo principios bioéticos. En México contamos con La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, publicada el 18 de marzo de 2005, que si bien es un avance, considera en mayor medida sólo parte de productos biotecnológicos y presenta limitaciones, por lo que bien merece la oportunidad de ser más completa en lo sucesivo.

Aunado a los aspectos legales, la biotecnología viene a ser un área de importancia comercial, de ahí el surgimiento de la bioeconomía, la cual deja ver su crecimiento año con año. Por otro lado, el otorgamiento de patentes, flexibilidad en sus procesos y su condición bioética, es aún un tópico que debe ser sometido a revisiones profundas, las cuales no pretendemos profundizar en este escrito, dado su naturaleza.

En muchos casos el desconocimiento de los beneficios de la biotecnología por parte de la sociedad, la falta de normas claras, asociación institutos-empresas y el monopolio de empresas transnacionales biotecnológicas, son los principales obstáculos a los que nos encontramos. Lo que sí es un hecho ineludible, es que la biotecnología es una realidad y que su empleo es inevitable, es necesario para el desarrollo de las naciones y para el mejoramiento de las condiciones sociales y económicas de México.

Conclusión

La biotecnología es considerada como una de las tecnologías del futuro y en México se ha desarrollado en los últimos años en conjunto con las universidades, centros de investigación y empresas especializadas en diferentes áreas, obteniendo así el surgimiento de bio-clústeres de competencia internacional (Muñoz 2010, PROMEXICO 2016). Por esto es importante alentar a los sistemas de ciencia y tecnología no solo a encaminarse a la solución de problemas de la sociedad si no a conformar leyes en las que el desarrollo científico y tecnológico contribuyan al progreso económico y desarrollo del país (Argüello Astorga 2006, Ugalde 2014). Por otra parte, el desarrollo de profesionales en biotecnología toma gran importancia, y con ello los institutos de investigación y universidades adquieren un papel fundamental para impulsar el desarrollo y aplicaciones biotecnológicas. Este progreso es real y no una mera ficción o una meta inalcanzable (Pfeiffer 2001), como ejemplo: México se ha consolidado como uno de los diez principales países que siembran cultivos modificados genéticamente en el mundo así como una de las naciones en desarrollo de América Latina más avanzadas en biotecnología (Campillo *et al.* 2005).

Nuestro país cuenta con recursos humanos para el desarrollo y aplicación de la biotecnología, adicionalmente es uno de los países que posee gran diversidad biológica, con lo que la biotecnología se convierte en una herramienta poderosa para la obtención novedosa de productos, conservación y sustentabilidad de los ecosistemas.

Por otra parte, nos encontramos ante un panorama creciente de retos en salud pública, con el incremento en diabetes, enfermedades metabólicas, cerebrovasculares y cáncer, principalmente. Sin duda, la biotecnología será de importancia para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de diversas enfermedades.

Agradecimientos

A la Universidad del Mar campus Puerto Escondido, por brindar el espacio para la

realización de este escrito, a un revisor anónimo por sus valiosos comentarios para mejorar el presente documento y a la profesora Allison Tai por su ayuda en la redacción y corrección en inglés. Este escrito surgió como producto de la materia Biotecnología Aplicada de la Licenciatura en Biología de la Universidad del Mar.

Referencias

- Álvaro, F. L. R. 2008. Algunos rasgos de la revolución científica en el siglo XVII. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, (198), 565-599.
- Argüello Astorga, R. 2006. Biotecnología: la revolución que México necesita. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, V (2), 131-135.
- Argüello Astorga, R. 2006. Biotecnología: la Revolución que México necesita. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. V (2), 131-135.
- Campillo, L., Béjar, F., Amayra, J. & J. Uriarte. 2005. Situación actual y oportunidades de negocio en el sector biotecnológico en América Latina. *Genoma España/ TRIKARTY-HIPERION BIOTECH*.
- CARPL. 2003. Aplicaciones de la biotecnología en la industria. Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia.
- DaSilva, E. J. 2004. The colours of biotechnology: science, development and humankind. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7(3), 01-02.
- Díaz Martínez, V. 2011. The colors of biotechnology. *BiotechSpain*.
- Escamilla-Alvarado, C. Poggi-Varaldo, H. & T. Ponce-Noyola. 2016. Aprovechamiento de FORSU mediante biorrefinerías. *Revista Ciencia y Desarrollo. CONACyT*. Consultado el 20 de junio de 2018: <http://www.cienciaydesarrollo.mx/?p=articulo&id=30>
- Izquierdo Tolosa, A. G. & J. G. Quiroga Prado. 2014. Biotecnología. PROMEXICO. Consultado el 26 de mayo de 2018 de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75579/05052014_DS_Biotecnologia_ES.pdf
- Kafarski, P. 2012. Rainbow code of biotechnology. *Chemik*, 66(8), 811-6.
- Medina, A. 2018. La biotecnología puede ser una cura para muchos males en México *Forbes México*. Consultado el 20 de junio de 2018: <https://www.forbes.com.mx/la-biotecnologia-puede-ser-una-cura-para-muchos-males-en-mexico/>
- Muñoz, M. 2017. El futuro de la biotecnología en México, Agencia informativa CONACyT, Guadalajara, Jalisco, México. Consultado el 20 de junio de 2018: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/16225-futuro-biotecnologia-mexico>
- OMPI. 2018. Perfiles estadísticos de los países: México. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Consultado el 29 de mayo de 2018 de http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/profile.jsp?code=MX
- Pfeiffer, M. L. 2001. El riesgo biotecnológico, ¿ficción o realidad? *Acta Bioethica*, VII (2), 269-277
- PROMEXICO. 2014. Sector de Biotecnología en México. Consultado el 04 de junio de 2018 de http://mim.promexico.gob.mx/es/mim/Perfil_del_sector_bio
- PROMEXICO. 2016. Biotecnología. Perfil del Sector, mapa de clúster, información estatal y casos de éxito. PROMEXICO. Consultado el 26 de mayo de 2018 de <https://www.gob.mx/promexico/acciones-y-programas/biotecnologia>
- PROMEXICO. 2017, PROMEXICO lleva ocho empresas mexicanas de biotecnología a nuevos mercados. Consultado el 04 de junio de 2018 de <https://www.gob.mx/promexico/prensa/promexico-lleva-ocho-empresas-mexicanas-de-biotecnologia-a-nuevos-mercados?idiom=es>
- PROMEXICO. 2018. BIO 2018: 30 países + 7 empresas mexicanas = lo mejor en biotecnología. Consultado el 20 de junio de 2018: <https://www.gob.mx/promexico/articulos/bio-2018-30-paises-7-empresas-mexicanas-lo-mejor-en-biotecnologia?idiom=es>
- Trejo-Loyo, M. & M. Patiño-Vera. 2018. Cuatro nuevas patentes para el IBt-UNAM. *Biotecnología en movimiento*. 13:9-11
- Ugalde, J. 2014. Biotecnologías reproductivas para el siglo XXI. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48 (1), 33-34.
- Wilches Flórez, Á. M. 2010. La biotecnología en un mundo globalizado. *Revista colombiana de bioética*, 5(2).