



KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 23

Número 47

Septiembre-Diciembre 2017

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas

The diagram illustrates the production of recombinant insulin through several steps:

- 1. Cortar el ADN en sitios específicos:** A pig pancreas is used for the extraction of insulin. Simultaneously, a human DNA fragment is cut at specific sites.
- 2. Selección de Vector de clonación:** A circular cloning vector is selected.
- 3. Ligar o pegar los fragmentos:** The human DNA fragment is ligated into the cloning vector to create a recombinant vector.
- 4. Introducción del ADN en una Célula Huésped (Bacteria):** The recombinant vector is introduced into a bacterial host cell.
- 5. Selección e identificación de las células que contienen ADN recombinante:** Bacteria containing the recombinant DNA are selected and identified.

The process continues with the **Introducción del plásmido dentro de bacterias** using β -galactosidasa, leading to **Multiplicación bacteriana y producción de grandes cantidades de insulina**. The insulin chains are labeled **Cadena A** and **Cadena B**. The final steps involve **Oxidación para producir puentes disulfuro** and **Depuración de la Insulina de cerdo** to yield **Insulina comercial**.

The photograph below shows researchers in a field setting, examining a pig carcass, likely for the extraction of the pancreas.



VISTA AÉREA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Juan Pablo Quiñonez Rodríguez.



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

M. en C. Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Elena Ocaña Rodríguez
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Raúl Germán Bautista Margulis
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBiol-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBiol-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBiol-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBiol-UJAT

COMITE EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

M.Arq.; M.A.C. Marcela Zurita Macías Valadez
Traductores

Pas. Lic. Biología, José Francisco Juárez López
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Del trabajo de laboratorio al trabajo de campo: diversidad de obtención de datos.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes cortesía obtenidas de los manuscritos publicados en Kuxulkab' 23(47) del 2017.

KUXULKAB', año 23, No. 47, septiembre-diciembre 2017; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 04 de septiembre del 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBiol y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

El número 47 (septiembre-diciembre de 2017) de **KUXULKAB'**, publica en esta ocasión cinco artículos con interesantes temas de estudio, investigación y reflexión respecto a las ciencias ambientales y las cuales se desarrollan en la región, el sureste de México para ser más puntual. A continuación, brindamos una descripción breve sobre las aportaciones expuestas en este número de la revista.

«*Estudio taxonómico de la familia Arecaceae en el municipio de Macuspana, Tabasco; México*», documento que muestra la situación con una de las familias de plantas tropicales y subtropicales más importantes del mundo.

«*Los relegados de la fauna silvestre*», esta contribución destaca el valor que tienen muchas especies de fauna silvestre que no se incluyen en listas nacionales e internacionales respecto a su estado de conservación, y que son utilizadas de forma importante en nuestro país, formando parte de nuestro capital natural.

«*Los lípidos en los peces y los aportes benéficos en la salud humana*», donde se presenta un análisis de la importancia que tienen estos nutrientes, no solo en los peces sino en nuestra salud.

«*Pólenes alergénicos en el aire de dos sitios del Valle de México, México*», ¿sufres de alergias? seguro que este texto te interesará, permite conocer un poco más sobre las diversas partículas que hay en el aire que nos rodea.

«*Tecnología del ADN recombinante*», habla sobre el avance tecnológico en el manejo de la información del ácido desoxirribonucleico (ADN) y cuyas aplicaciones son más benéficas para nuestra utilidad y beneficio.

Aprovechamos para agradecer, tanto a los autores, su confianza en **KUXULKAB'** como una alternativa de divulgación científica; a los dictaminadores que garantizan la calidad de nuestra revista; a las editoras asociadas que dan seguimiento al proceso de dictaminación de estos textos, y a nuestro editor ejecutivo; solo con el apoyo de este profesional equipo podemos tener cuatrimestralmente nuestra revista. Finalmente los invito a compartir a través de nuestra revista los conocimientos que día a día estén generando en sus espacios de trabajo.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

ESTUDIO TAXONÓMICO DE LA FAMILIA *ARECACEAE* EN EL MUNICIPIO DE MACUSPANA, TABASCO, MÉXICO 05-15

ARECACEAE FAMILY TAXONOMIC STUDY IN MACUSPANA, MUNICIPALITY IN TABASCO, MEXICO

Miguel Alberto Magaña Alejandro & Alejandro González Hernández

LOS RELEGADOS DE LA FAUNA SILVESTRE 17-22

THE UNWANTED OF WILDLIFE

Fernando Marcos Contreras Moreno & Elsy C. Segura Berttolini

LOS LÍPIDOS EN LOS PECES Y LOS APORTES BENÉFICOS EN LA SALUD HUMANA 23-30

LIPIDS IN FISH AND BENEFITS IN HUMAN HEALTH

Juana Domínguez Lorenzo, Tila del Carmen Cerino Frías, Rafael Martínez García, Carlos Alfonso Álvarez González, María de Jesús Contreras García, Alejandro Macdonal Vera & Leonardo Cruz Rosado

PÓLENES ALERGÉNICOS EN EL AIRE DE DOS SITIOS DEL VALLE DE MÉXICO 31-40

ALLERGENIC POLLEN IN THE AIR IN TWO SITES IN THE VALLEY OF MEXICO, MEXICO

Marcela Alejandra Cid Martínez & Reyna Lourdes Fócil Monterrubio

TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE 41-47

RECOMBINANT DNA TECHNOLOGY

Jaime López Domínguez, Karla María Moran Sarmina, Denisse Placier Sosa & Aracely López Monteon

TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE

RECOMBINANT DNA TECHNOLOGY

Resumen

Jaime López Domínguez¹, Karla María Moran Sarmina²,
Denisse Placier Sosa² & Aracely López Monteon³✉

¹Ingeniero en Biotecnología, Maestro en Ciencias en Procesos Biológicos y actualmente estudiante del Doctorado en Ciencias Biomédicas en la Facultad de Ciencias Químicas; Universidad Veracruzana (UV). ²Química Farmacéutica Bióloga y estudiante de la Maestría en Ciencias en Procesos Biológicos de la UV. ³Doctora en Ciencias con especialidad en Patología Experimental; profesora-investigadora de la Facultad de Ciencias Químicas (UV).

LADISER Inmunología y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Químicas; Universidad Veracruzana (UV): Prolongación de Oriente 6 #1009; Colonia Rafael Alvarado; C.P. 94340; 86039; Orizaba, Veracruz; México.

✉ aralopez@uv.mx

Como referenciar:

López Domínguez, J.; Moran Sarmina, K.M.; Placier Sosa, D. & López Monteon, A. (2017). Tecnología del ADN recombinante. *Kuxulkab'*, 23(47): 41-47, septiembre-diciembre. DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a23n47.2627>

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>
<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a23n47.2627>

La tecnología del ADN recombinante ha permitido la manipulación de la información genética de cualquier tipo de organismo, por lo que al día de hoy se han presentado grandes avances en cuanto a su desarrollo y aplicación en otras ramas, siendo una herramienta primordial en la creación de alternativas médicas para el control y prevención de enfermedades, tal es el caso de la obtención de la insulina recombinante humana que utiliza esta tecnología para tener un mayor rendimiento en la producción, así como para evitar las reacciones adversas que se presentaban con los productos obtenidos de origen animal. Por tal motivo, es importante comprender esta tecnología ya que con ello se han abierto las puertas a la producción de medicamentos y enzimas que pueden ayudar al tratamiento terapéutico de múltiples enfermedades.

Palabras clave: Genes; clonación; proteína recombinante.

Abstract

Recombinant DNA technology has allowed the manipulation of the genetic information of any type of organism, therefore today this technology has presented great advances in its development and application in other branches, being a primary tool in creating medical alternatives for the control and prevention of diseases, such is the case of the production of recombinant human insulin that uses this technology for greater efficiency in production, as well as to avoid adverse reactions that were presented with the products obtained from animal origin. For this reason, it is important to understand this technology since this has opened the door to the production of drugs and enzymes that may help the therapeutic treatment of many diseases.

Keywords: Genes; cloning; recombinant protein.

En los últimos años la ciencia ha alcanzado varios logros en el conocimiento del material genético y su manipulación, estos han permitido un crecimiento muy grande en un gran número de disciplinas como son las ciencias biológicas, médicas, alimentarias, farmacéuticas y ambientales, solo por mencionar algunas.

En el crecimiento de todas estas áreas, la tecnología del ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante ha jugado un papel muy importante, esta tecnología es un conjunto de procedimientos, mediante el cual se puede manipular la información genética contenida en cualquier organismo, que se encuentra almacenada en cada una de sus células, y colocarla en otro organismo diferente (receptor o huésped), (Alberts, Johnson, Lewis, Raff, Roberts & Walter, 2010) con diferentes objetivos o fines, los cuales pueden ser: expresar y obtener proteínas producto de esa información genética (proteínas recombinantes), conferir o eliminar características únicas en el organismo receptor o almacenar información genética de interés en un microorganismo para su posterior uso (biblioteca genómica).

La clonación del ácido desoxirribonucleico (ADN) es la piedra angular de la tecnología recombinante, clonar en un sentido simple significa hacer copias idénticas, esta contempla el aislamiento de una pequeña secuencia de ADN específica que codifica para una proteína de interés (gen), así como la unión a otra molécula de ADN portador (vector), con el fin de replicar este recombinante cientos de veces (figura 1) (Nelson & Cox, 2014). La estrategia general de clonación de un gen consta de cinco pasos que se realizan con la ayuda de diferentes herramientas moleculares:

1) Cortar el ADN en sitios específicos de una manera exacta y con bastante fidelidad. Para esto se emplea un grupo de enzimas denominadas <enzimas de restricción> (endonucleasas de restricción); las cuales son como unas tijeras moleculares empleadas para poder aislar el ADN de interés, mediante los cortes que realizan estas en un sitio determinado que cada una reconoce (Loenen, Dryden, Raleigh, Wilson & Murray, 2014).

2) Selección de una molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) transportadora (vectores de clonación); esta molécula que actúa como un vehículo transportador debe ser capaz de replicarse de forma autónoma e independiente dentro del huésped. Generalmente, se utilizan moléculas de ADN circular de origen bacteriano llamadas <plásmidos> o ADN proveniente de virus (bacteriófagos). En esta molécula, el fragmento de ácido desoxirribonucleico (ADN) que se quiere clonar se une con la ayuda de la ligasa; esta nueva molécula generada recibe el nombre de <ADN recombinante>, debido a que se trata de una molécula compuesta por fragmentos de ADN derivados de organismos diferentes (Kado 2014; Prazeres & Monteiro 2014).

3) Ligar o pegar los dos fragmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN); en este caso se utilizan otro tipo de enzimas llamadas ADN ligasas, estas tienen la capacidad de <pegar> o unir fragmentos de ADN, es decir, son las encargadas de realizar el enlace fosfodiéster entre las cadenas de ADN (Berg, Tymoczko & Stryer, 2008; Shuman 2009).

«El almacenar información genética de interés en un microorganismo para su posterior uso, es uno de los objetivos de toda biblioteca genómica»

«El proceso del ADN recombinante sigue cinco pasos: 1) cortar el gen de interés con enzimas de restricción; 2) seleccionar el vector de clonación y cortarlo con enzimas de restricción; 3) ligar o pegar los fragmentos con la enzima ligasa; 4) introducir el ADN recombinante en una célula huésped (bacteria) por medio de transformación; 5) selección e identificación de las células que contienen el ADN recombinante»

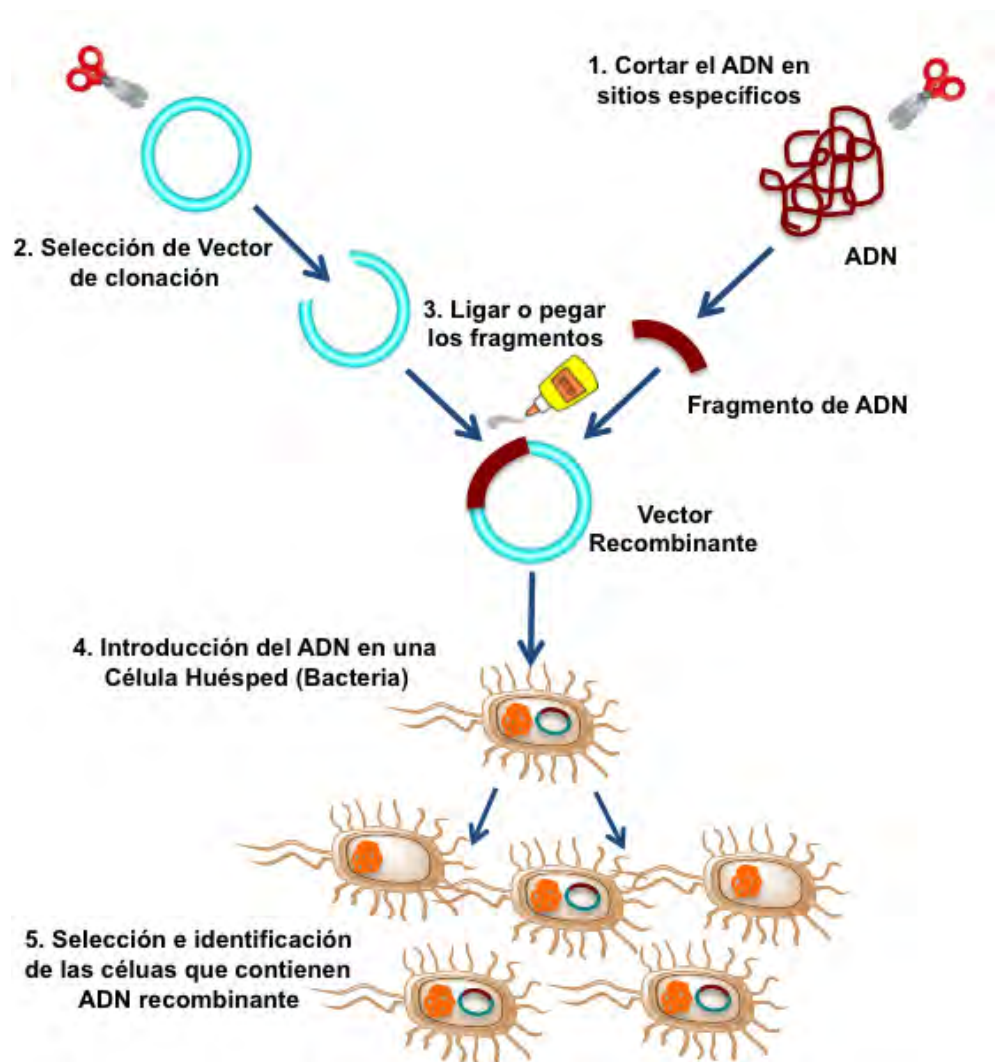
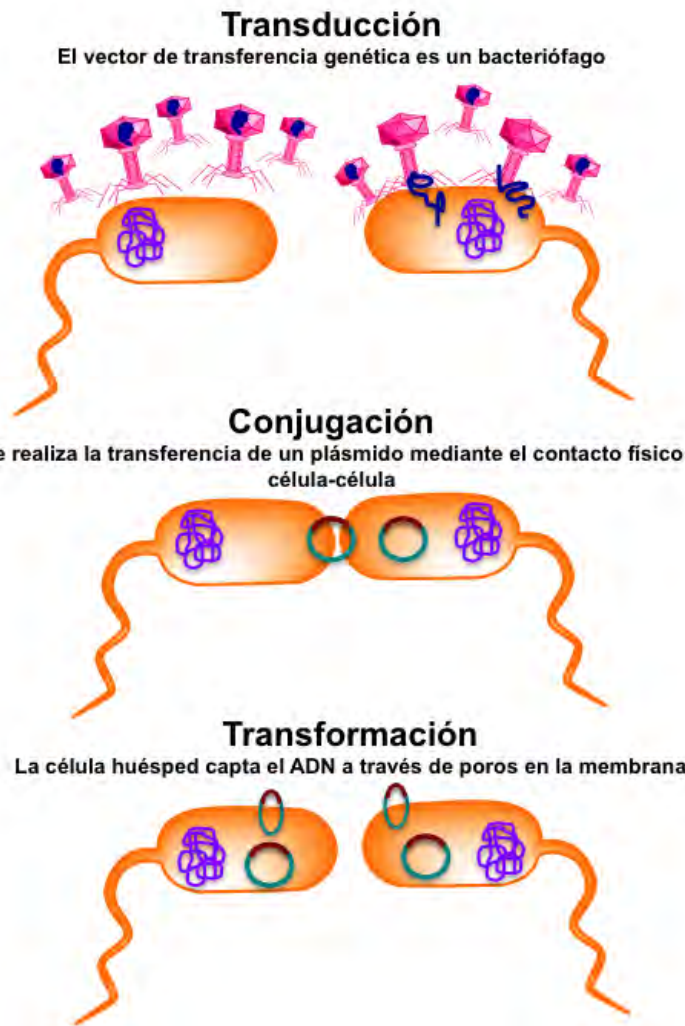


Figura 1. Obtención del ADN recombinante.

4) Introducción del ácido desoxirribonucleico (ADN) al interior de la célula huésped; aquí se utilizan metodologías que facilitan el ingreso de la molécula de ADN recombinante, existen varias formas de realizar esto, y dependerá del tipo de célula huésped (procarionte o eucarionte) que se utilice. Los procariontes, como es el caso de las bacterias, pueden intercambiar material genético por medio de transducción (transferencia de ADN por medio de un bacteriófago), por conjugación (transferencia de ADN que requiere el contacto célula-célula) y por transformación (figura 2); tanto la transducción como la conjugación son procesos que ocurren naturalmente en las bacterias; sin embargo, la transformación se realiza solo en laboratorio y es la más utilizada para introducir material genético, se enfoca en generar pequeños poros en las células para que pueda ingresar el ADN recombinante al interior, donde podrá replicarse cientos de veces con ayuda de la maquinaria de replicación de la propia célula huésped (Luque & Herráez, 2006; Berg *et al.*, 2008; Baeshen, Baeshen, sheikh, Bora, Ahmed, Ramadan, Saini & Redwan, 2014).

5) Selección o identificación de las células que contienen el ADN recombinante; actualmente se dispone de vectores que contienen genes con resistencia a antibióticos que nos facilitan la identificación de las células. Es decir, al tener un gen de resistencia, las bacterias que contengan el plásmido serán capaces de crecer en la presencia del antibiótico, mientras que aquellas que no contengan el plásmido recombinante no podrán crecer en un medio con antibiótico, haciendo posible su selección e identificación (Luque & Herráez, 2006).



«Existen básicamente tres procesos mediante los cuales las células pueden adquirir material genético; la transducción, en donde el vector de transferencia es un bacteriófago; conjugación, en este proceso se realiza el intercambio genético entre dos bacterias mediante el contacto célula-célula; y la transformación, en la cual es necesario producir poros en la membrana de la célula huésped con la finalidad de permitir la entrada del material genético»

Figura 2. Métodos de introducción de material genético.

Proteínas recombinantes

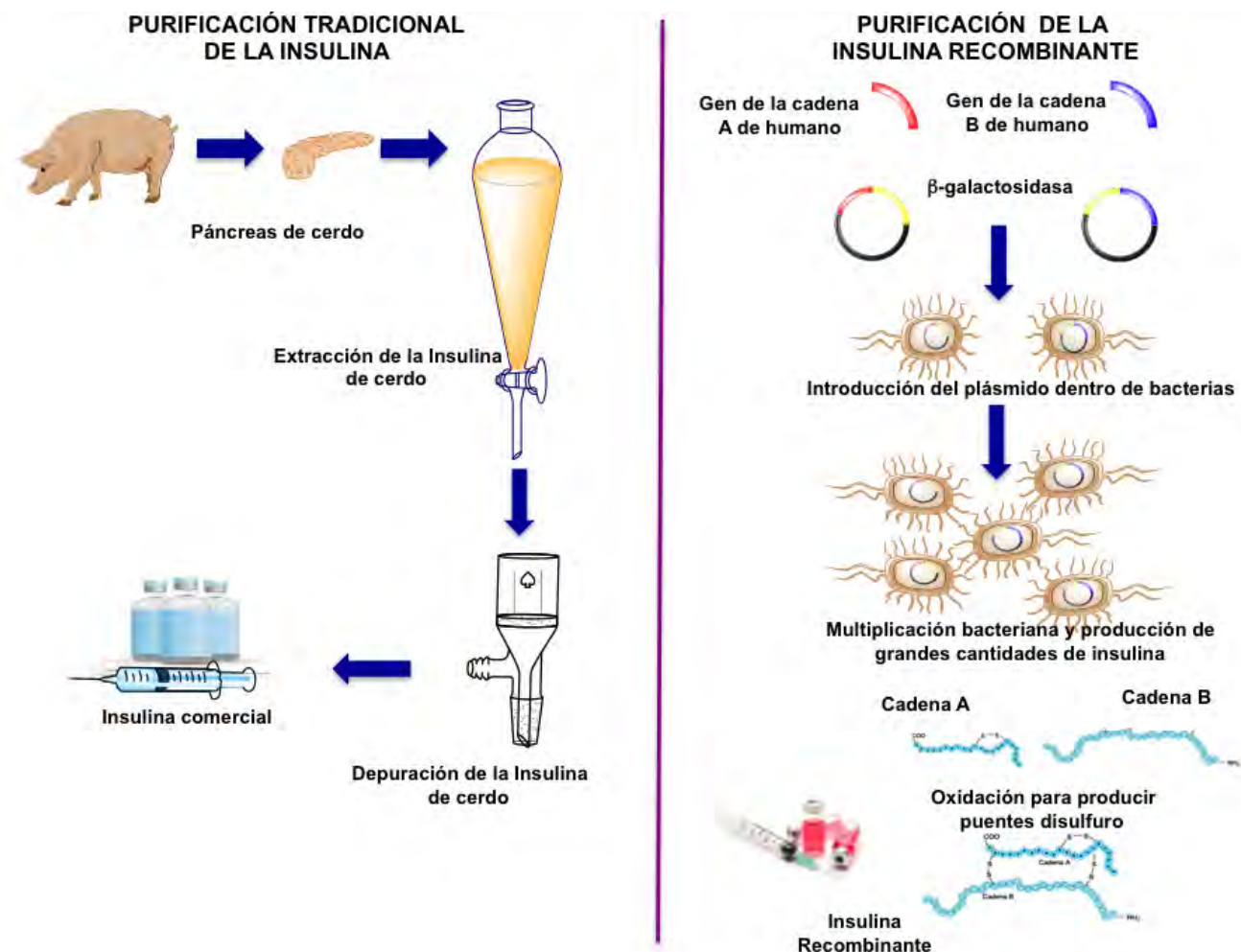
Actualmente la tecnología de ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante ha sido ampliamente utilizada para la elaboración de un gran número de fármacos y vacunas, que son útiles para el tratamiento de enfermedades como cáncer, trastornos cardiovasculares, insuficiencia renal, diabetes, diferentes tipos de hepatitis, entre otros; lo que la convierte en parte de la vida diaria (tabla 1) (Andersen & Krummen, 2002; Drago & Sainz, 2006).

Un ejemplo representativo de la utilidad de esta tecnología ha sido la producción a gran escala de la insulina recombinante, que es necesaria para regular los niveles de glucosa en pacientes con diabetes tipo I y cada vez con mayor frecuencia en pacientes con diabetes tipo II, enfermedad que es una de las principales causas de muerte en México; además de convertirse en un tratamiento alternativo en el caso de la diabetes gestacional (OMS, 2016).

Anteriormente la fuente de obtención de esta hormona era de origen animal, en 1920 los primeros mamíferos de los que se obtuvo y se logró producir fueron los perros, esta hormona fue probada en humanos en 1922, pero el producto ofrecía ciertas desventajas, como un bajo grado de pureza y seguridad, pues producía reacciones alérgicas (Voet, Voet & Pratt, 2009).

Tabla 1. Ejemplos de proteínas recombinantes y su acción terapéutica.

Proteína recombinante	Indicación terapéutica
Somatostatina	Hormona del crecimiento humano
Interferones	Infecciones virales y cáncer
Factor VIII y X de la coagulación	Hemofilia
Hormona folículo estimulante	Infertilidad, anovulación
Eritropoyetina	Anemia en pacientes con enfermedad renal
Interleucinas	Infección por VIH, cáncer e inmunodeficiencias
Insulina	Diabetes mellitus
Vacunas	Vacuna contra hepatitis B

**Figura 3.** Producción de insulina humana.

Forma tradicional: anteriormente, la insulina se producía a partir del páncreas del cerdo, de los cuales, se extraía y depuraba la insulina para comercializarse. *Ingeniería genética:* los genes de las cadenas A y B de la insulina se clonan por separado en plásmidos; en ambos casos los fragmentos están fusionados a la β-galactosidasa (X-Gal), cada plásmido se introduce en *E. coli* y la maquinaria de transcripción y traducción producen las cadenas A y B de la insulina que están unidas a la X-Gal por un residuo de metionina, se purifican ambas proteínas y se añade BrCN, la cual destruye la metionina, dejando libres las cadenas de insulina. Finalmente, mediante reacciones de oxidación se generan puentes disulfuro, obteniendo la insulina en su forma final.

Para la década de los 80 la insulina era obtenida del páncreas de vacas y cerdos, siendo esta última, la que logró comercializarse y representar un medio para la producción masiva de la hormona, ya que posee una similitud casi exacta con la insulina humana, lo que permitió que estuviera al alcance de millones de diabéticos (Bottino & Trucco, 2015).

Finalmente en 1982 gracias a la tecnología del ADN recombinante fue puesta en el mercado la primer proteína recombinante, la cual es obtenida de su sitio de origen, es decir, del mismo organismo que la produce, el ser humano, logrando con ello la obtención de un producto barato y fácil de producir, con una potencia y eficacia mayores y ofreciendo una mayor seguridad a las obtenidas de fuentes animales, convirtiéndose en el primer tratamiento de ingeniería genética en ser aprobado (figura 3) (García, Santana, Zumalacárregui, Quintana, González, Furrázola & Cruz, 2013).

Comentarios finales

Hoy en día la insulina recombinante forma parte del tratamiento diario de un gran número de pacientes diabéticos en el mundo, con lo que podemos observar que la tecnología del ADN recombinante representa una herramienta de fácil acceso para todo tipo de industria, esto ha traído consigo mejoras en la producción de productos innovadores de la industria alimentaria y farmacéutica por mencionar algunos, reduciendo los costos de su elaboración y eficacia. La tecnología del ADN recombinante ha abierto un gran número de posibilidades inimaginables y contribuido en un sinfín de áreas del conocimiento.

Agradecimientos

Aracely López Monteón agradece a Jaime López Domínguez quien es becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) del programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas; a Karla María Moran Sarmina y Denisse Placier Sosa, ambas becarias del CONACYT y alumnas del programa de Maestría en Ciencias en Procesos Biológicos; los dos programas de posgrado de la Universidad Veracruzana (UV).

Referencias

Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. & Walter, P. (2010). *Biología molecular de la célula*; (5ª ed.; p. 1602). Barcelona, España: Ediciones Omega.

Andersen, D.C & Krummen, L. (2002). Recombinant protein expression for therapeutic applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(2): 117-123. DOI «[https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(02\)00300-2](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(02)00300-2)»

Baeshen, N.A.; Baeshen, M.N.; Sheikh, A.; Bora, R.S.; Ahmed, M.M.; Ramadan, H.A.; Saini, K.S. & Redwan, E.M. (2014). Cell factories for insulin production. *Microbial Cell Factories*, 13(141): 1-9. DOI «<https://doi.org/10.1186/s12934-014-0141-0>»

Berg, J.M.; Tymoczko, J.L. & Stryer, L. (2008). *Bioquímica*, (6ª ed.; Biochemistry, Sixth Edition; Macarulla, J.M. (Trad.); p. 1026). Barcelona, España: Editorial Reverté.

Bottino, R. & Trucco, M. (2015). Use of genetically-engineered pig donors in islet transplantation. *World Journal Transplantation*, 5(4): 243-250. DOI «<https://doi.org/10.5500/wjt.v5.i4.243>»

Drago Serrano, M.E. & Sainz Espuñes, T.R. (2006). Sistemas de expresión para proteínas terapéuticas recombinantes. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(1): 38-44. Recuperado de «https://www.researchgate.net/publication/288288705_Expression_systems_for_therapeutic_recombinant_proteins»

García, J.; Santana, Z.; Zumalacárregui, L.; Quintana, M.; González, D.; Furrázola, G. & Cruz, O. (2013). Estrategias de obtención de proteínas recombinantes en '*Escherichia coli*'. *VacciMonitor*, 22(2): 30-39. Recuperado de «<http://scielo.sld.cu/pdf/vac/v22n2/vac06213.pdf>»

Kado, C.I. (2014). Historical events that spawned the field of plasmid biology. *Microbiology Spectrum*, 2(5): 1-8. DOI «<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.PLAS-0019-2013>»

Loenen, W.A.; Dryden, D.T.; Raleigh, E.A.; Wilson, G.G. & Murray, N.E. (2014). Highlights of the DNA cutters: a short history of the restriction enzymes. *Nucleic Acids Research*, 42(1): 3-19. DOI «<https://doi.org/10.1093/nar/gkt990>»

Luque Cabrera, J. & Herráez Sánchez, A. (2006). *Texto ilustrado de biología molecular e ingeniería genética: conceptos, técnicas y aplicaciones en ciencias de la salud*; (p. 466). Madrid, España: ELSEVIER.

Nelson, D.L. & Cox, M.M. (2014). *Lehninger: principios de bioquímica*; (6ª ed.; p. 1328). España: Editorial Omega.

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2016). Temas de salud: diabetes (traducción en español). *World Health Organization*. Consultado el 22/mayo/2017 y disponible en «http://www.who.int/topics/diabetes_mellitus/es/»

Prazeres, D.M.F. & Monteiro, G.A. (2014). Plasmid Biopharmaceuticals. *Microbiology Spectrum*, 2(6): 1-18. DOI «<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.PLAS-0022-2014>»

Shuman, S. (2009). DNA Ligases: Progress and Prospects. *The Journal of Biological Chemistry*, 284(26): 17365-17369. DOI «<https://doi.org/10.1074/jbc.R900017200>»

Voet, D.; Voet, J.G. & Pratt, C.W. (2009). *Fundamentos de bioquímica: la vida a nivel molecular*, (2^{da} ed.; p. 1260). Buenos Aires, Argentina: Editorial Medica Panamericana.



JARDINES DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA) Y EJEMPLAR DE COCODRILO DE PANTANO (*Crocodylus moreletii*) QUE HABITA EN SU ENTORNO.
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Rafael Sánchez Gutiérrez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS TROPICALES (CICART).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Rafael Sánchez Gutiérrez.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415
✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com
🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

