

Preprint

**Pertenencia institucional****Resumen****Palabras clave:****Correspondencia****Abstract****ORCID****Key words:**

# **LA ENTOMOBIOTECNOLOGIA (LA BIOTECNOLOGIA EN ESTRECHA RELACIÓN CON LOS INSECTOS)**

## **ENTOMOBIOTECHNOLOGY (BIOTECHNOLOGY IN CLOSE RELATIONSHIP WITH INSECTS)**

José Arnoldo Granadillo Cuello

Biólogo. Mg en Práctica Pedagógica. Esp. Biotecnología Agraria. Docente de la Institución Educativa Loperena Garupal, Valledupar, Cesar, Colombia.

E-mail: [jgranadillo@correo.unicesar.edu.co](mailto:jgranadillo@correo.unicesar.edu.co)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8911-2548>

### **RESUMEN**

Los avances tecnológicos han permitido el surgimiento de nuevas disciplinas encargadas de estudios muy específicos en todas las ciencias. La especialización ha aparecido gracias al gran cúmulo de conocimiento que el ser humano ha generado en todos los campos y a su imposibilidad temporal para abarcarlos de una forma eficiente. Tal es el caso de la entomología y la biotecnología que se han enlazado a través de los avances de la biología molecular y la ingeniería genética para obtener un área muy particular y aún no definida, que ha ayudado y ayudará al ser humano a resolver problemas y necesidades en la agricultura, la producción pecuaria, la medicina, la farmacia, y la producción industrial.

Esta revisión, tiene como objetivo analizar de forma preliminar el desarrollo histórico de la entomología y la biotecnología, para luego señalar ejemplos de cómo se han traslapado estas dos disciplinas generando un conocimiento común pero disgregado y al margen individual de cada una de ellas. Organizar este conocimiento en una sola área permitirá la articulación del mismo, lo que puede representar para la humanidad nuevos paradigmas y avances hacia el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano.

**Palabras clave:** Entomología, agrobiotecnología, biología molecular, agropecuario.

## **ABSTRACT**

Technological advances have allowed the emergence of new disciplines responsible for very specific studies in all sciences. Specialization has appeared thanks to the great accumulation of knowledge that human beings have generated in all fields and their temporary impossibility to cover them in an efficient way. Such is the case of entomology and biotechnology, which have been linked through the advances of molecular biology and genetic engineering to obtain a very particular and still undefined area, which has helped and will help humans solve problems and needs in agriculture, livestock production, medicine, pharmacy, and industrial production.

This review aims to preliminarily analyze the historical development of entomology and biotechnology, and then point out examples of how these two disciplines have overlapped, generating common but disaggregated knowledge independent of each of them. Organizing this knowledge in a single area will allow its articulation, which can represent for humanity new paradigms and advances towards improving the quality of life of human beings.

**Key words:** Entomology, agrobiotechnology, molecular biology, agriculture.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Desarrollo histórico de la entomología**

Aunque los insectos surgieron entre el Ordovícico y el Devónico hace 400 millones de años (Martínez-Delclós, 1996; Mendoza, 2010) los registros fósiles dicen que estuvieron en plena relación con el hombre solo hasta hace 10.000 años. Su relación era tal que los insectos hicieron parte de amuletos y figuras que simbolizaban coleópteros como buprestidos y mariquitas, ortópteros, himenópteros, elaborados en diferentes materiales como lignito, marfil y hueso (Bellés, 1997). Aun en el mesolítico se evidenciaron pinturas con escenas de recolección de miel, lo que se constituye en uno de los primeros indicios de la utilización de los insectos para el beneficio humano (Bellés, 1997).

Los insectos no pasaron desapercibidos en la época clásica, en esta ya se mencionaban por personajes de distintas ramas del conocimiento y las artes como Esquilo, Homero, Aristófanes y Aristóteles quienes mencionaron en sus obras escarabajos, avispas, cochinillas, mariposas y hormigas (Moret, 1997).

Sin embargo, uno de los primeros textos formales sobre los insectos fue *El Teatro de los Insectos* o *Insectorum Sive Minimorum Animalium Theatrum*, publicado en 1634 de autoría de Thomas Moufet, quien hizo una recopilación de los trabajos inéditos de Gesner y Thomas Penny (Bellés, 1999).

Entre 1665 y 1667 Francesco Redi, utilizó insectos en sus experimentos para establecer la descendencia parental. En 1668 publicó su obra maestra *Experimentos en torno a la generación de insectos*, la cual ayudo en gran medida a rebatir la hipótesis sobre la generación espontánea, basándose en ensayos que tenían como objeto de observación las moscas y sus diferentes estadios de desarrollo (Stefani, 2013). Por esta época 1665, Robert Hooke ya realizaba sus primeras observaciones con el microscopio, dentro de las cuales estaban, moscas, pulgas y piojos. Era famoso por las ilustraciones que lograba sobre estos insectos de los órdenes Díptera, Siphonaptera y Phthiraptera respectivamente (Braga, 2024). En 1668 Marcello Malpighi, quien se dedicó a los estudios de microanatomía en diferentes grupos de animales y plantas, publicó sus estudios anatómicos del gusano de seda, razón por la cual el sistema excretor de los insectos se llama tubulos de Malpighi (Romero, 2011). Así mismo, Jan Swammerdam, microscopista holandés, realizó estudios histológicos de insectos y utilizó el microscopio ideado por Hooke para comprender el desarrollo morfológico de los mismos (Coob, 2000).

Solo, hasta 1745 fue usado por primera vez el término entomología en las obras del botánico francés Charles Bonnet. El termino fue extraído del griego *éntomon* = insecto, *logos*= estudio, *ia*= acción, para designar el estudio de los insectos (Chauvin, 1968). En las últimas décadas del siglo XIX se encontró la relación entre los insectos y ciertas enfermedades de los animales y del

ser humano como la filariasis, la malaria y la fiebre amarilla producida por mosquito, y la fiebre de Texas contraída por el ganado vacuno y transmitida por garrapatas.

Hasta el siglo XX los europeos produjeron las obras más importantes de la entomología, después de mediados de siglo se empezaron a producir libros en Occidente, en 1945 Ceballos publicó “*Elementos de Entomología General*”, se cree que fue el primer libro de entomología publicado en español, a este le siguieron: *Manual de Entomología Agrícola, anales de zoología, Entomología Económica, Introducción a la Entomología General y Aplicada*, entre otras, (Toro *et al.*, 2003).

De esta manera la entomología tomo su forma actual, y su campo de acción fue delimitado convirtiéndose así en la ciencia que estudia todos los aspectos relacionados con los insectos, morfología, fisiología, filogenia, clasificación, ecología, su importancia y la forma como estos se relacionan positiva o negativamente con el ser humano. La entomología ha adquirido dos facetas importantes: La entomología general donde se estudia y se descubren aspectos de la biología del insecto; y la entomología aplicada que aprovecha estos conocimientos para mejorar la calidad de vida del hombre, incursionando en campos como la medicina, la agricultura, las ciencias forenses y la producción industrial de fibras y colorantes.

### **La Biotecnología y su ámbito**

A pesar de que la biotecnología en su forma más incipiente nació gradualmente con el hombre (Garrido, 2002) durante el pleistoceno, cuando intentó con éxito utilizar a los organismos vivos o productos derivados de estos para mejorar su calidad de vida, domesticando los animales, utilizando los extractos vegetales y animales para la pintura, la escritura, como combustibles, descubriendo los principios básicos de la agricultura, el fuego, solo hasta el siglo XIX recibió la fortaleza suficiente de áreas como la microbiología, la inmunología, la bioquímica, la genética, la biología molecular (Muñoz, 2007), y otras cuyo desarrollo posterior proporcionaron las herramientas necesarias para separarla en un campo amplio que involucra todas las disciplinas científicas que se ocupan de los fenómenos de la vida y la naturaleza.

La biotecnología venía rondando el campo científico sin ninguna designación, sin precisión de su estado en muchas disciplinas en donde los investigadores ya intuían el asomo de un nuevo paradigma. Su primera definición surgió en 1919 cuando el ingeniero agrónomo húngaro Karl Ereky se refirió a la biotecnología como “La ciencia de los métodos que permiten la obtención de productos a partir de materia prima, mediante la intervención de organismos vivos” (Muñoz, 2007). Actualmente la definición más aceptada es la expuesta en El Convenio sobre la Diversidad Biológica realizado en Montreal en 2002, que define la biotecnología como “*Toda aplicación tecnológica, que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*”

La biotecnología actual se ha enriquecido con la manipulación y transferencia de genes que mejoran la calidad de los organismos vivos y su capacidad de adaptación y supervivencia (Ferrín-Suarez, 2021), además dentro de su arsenal también se encuentran técnicas de biología molecular, ciencias básicas, aplicadas e ingenierías. La biotecnología mejoró muchos procesos importantes para el hombre y en la actualidad se utiliza en el campo de los alimentos, la industria textil, la salud, la industria del papel, el medio ambiente, la energía, la química, el agro y los animales (Manjarrez *et al.*, 2024; Chicaiza, Rivadeneira, & Herrera, 2023).

Una de las áreas en la cual la biotecnología ha tenido mayor incidencia es la agropecuaria por lo cual se le conoce como agrobiotecnología, esta se ha centrado en resolver problemas que afectan la oferta alimentaria mediante la manipulación genética de individuos para mejorar sus características de producción o su resistencia a plagas o enfermedades, tal es el caso de las plantas y los animales transgénicos (Padilla, 1999).

Es común hablar de la biotecnología agrícola y más cuando el medio que nos rodea es de vocación agrícola. Una de las principales aplicaciones es la resistencia a plagas y enfermedades. En Colombia por ejemplo se ha usado el algodón Bt resistente a lepidópteros gracias a su transformación con un gen proveniente del *Bacillus thuringiensis* (Agro-bio, 2006), otro tanto se ha realizado para obtener maíz resistente a lepidópteros (James and Krattiger, 1997), yuca

resistente a barrenadores y café resistente a la broca. Según el Servicio Internacional de Aplicaciones Agrobiotecnológicas Colombia fue el primer país en introducir cultivos genéticamente modificados en la región andina (Agro-bio, 2006).

### **La Entomobioteecnología, punto de encuentro de dos grandes disciplinas**

En 1938 en Francia, con la producción del primer bioinsecticida a base de *Bacillus thuringiensis* (Muñoz, 2007) se comenzó a delimitar un campo específico de la biotecnología “La biotecnología aplicada a los insectos”, o como la llamaremos en adelante la Entomobioteecnología, porque si hablamos de agrobiotecnología (IICA, 2000), podemos entonces referirnos a la entomobioteecnología que es un campo muy particular no delimitado aún, pero que también tiene un lugar muy merecido en el desarrollo y bienestar de la humanidad.

La entomobioteecnología en su forma tradicional surgió con el estudio de los insectos en la época prehistórica, desde el desarrollo de la agricultura cuando el hombre se vió obligado a proteger sus cultivos del asecho de los insectos utilizando sustancias extraídas de plantas conocidas (Henríquez-Valido *et al.*, 2019). Desde entonces los insectos han sido utilizados como control natural de plagas, como alimento en diferentes culturas y épocas para contribuir a la seguridad alimentaria (Gallegos y Cortez, 2019), como agentes medicinales (Guzmán-Mendoza *et al.*, 2016) y en la obtención de diferentes tipos de productos de importancia industrial (Pico-Poma *et al.*, 2023).

En el control de plagas los insectos se han utilizado en diferentes formas: para la obtención de feromonas (Semioquímico) (Mayorga-Martino, 2023), descubiertas por primera vez en 1956 en el gusano de la seda *Bombyx mori* (Miras, 2009) sintetizada en 1959; como depredadores cuyo ejemplo clásico son las mariquitas (Coleóptera: Coccinellidae) que se alimentan de afidos, ácaros y pulgas; como parasitoides y en la aplicación del método del insecto estéril (Botto *et al.*, 2005). Como alimento han enriquecido la cultura alimenticia de países como china, india, México, Colombia, entre otras. En países como China se utiliza el excremento de la oruga *Aglossa dimidiata* para elaborar una bebida tradicional con propiedades medicinales llamada

Chongcha (Wen *et al.*, 2006), que puede curar diarreas, gastroenteritis, faringitis, estomatitis, gingivitis y regular la presión sanguínea. En Brasil se han reportado 83 tipos de insectos utilizados para curar enfermedades como la bronquitis, epilepsia, alcoholismo, asma, dolor de oídos y cólicos (Neto, Ramos y Pino, 2006). Las abejas fabrican el propoleo a partir de secreciones de los árboles que tiene propiedades antibióticas capaces de combatir bacterias, virus y hongos, además se le atribuyen propiedades, antitumorales, cicatrizantes, antinflamatorias, analgésicas, antialérgicas, epitelizantes, anestésicas e inmunoestimulantes (Murcia, 2023).

Otros campos en que los insectos han aportado grandes conocimientos son: las ciencias forenses, ya que por medio del estudio de sus ciclos de vida se han podido determinar factores importantes para el esclarecimiento de crímenes tales como IPM (Intervalo postmorten) (Acacio y Valera, 2022), el movimiento de cadáveres, y envenenamientos (Infante-Calderón y Sori-Iglesia, 2020). En la medicina con el estudio de áreas como la parasitología y la epidemiología, en las cuales es de suma importancia hacer el control de insectos vectores de enfermedades como la Leishmaniasis, la tripanosomiasis, el dengue, y la fiebre amarilla (Gorla, 2021). En la conservación de nuestro medio ambiente al utilizar insectos bioindicadores para observar el estado de deterioro de nuestros recursos naturales (Pérez-Rodríguez, Manjarrez-Pinzón, & Tamaris-Turizo, 2021). Un ejemplo de esto es la utilización del método BMWP (Biological monitoring working party score system) diseñado por Hellawell (1978) en España y que utiliza insectos bioindicadores para medir la calidad del recurso hídrico (Alba-Tercedor and Sánchez-Ortega, 1988).

Desde mediados del siglo XX se produjo una reacción en cadena de aplicaciones de diferentes campos de las ciencias para poder hacer control y manejo de las especies de insectos útiles y dañinos al ser humano y sus actividades. Tal fue el descubrimiento de los baculovirus, virus específicos que atacan ordenes de insectos como díptera, himenóptera y lepidóptera, afectando principalmente el sistema nervioso de las larvas, además de músculos, intestino, tráquea y tejido adiposo (Llopis-Giménez, 2021). Una vez Mendel descubrió las leyes de la herencia y se

propició la carrera por el estudio de la estructura del ADN, surgieron las herramientas de la biología molecular que han tenido gran incidencia en las ciencias naturales. Gracias a estas herramientas la entomobiología ha podido incursionar en la utilización de insectos como biofábricas productoras de biomoléculas de interés. Tal es el caso de la técnica *Baculovirus Expression Vector System*, que usa las características de los baculovirus para la producción de proteínas en células de insectos (Mishra, 2020). Esta técnica también se ha usado para la producción de vacunas contra la influenza, el virus de papiloma humano (VPH), y las vacunas contra SARS-CoV-2 con aprobación de emergencia como NVX-CoV2373 de Novavax, Weikexin de Westvac, VidPrevyn Beta de Sanofi/GSK, entre otras (Hong *et al.*, 2023).

La entomobiología ha pasado de querer encontrar solo la utilidad de los insectos para el beneficio de los seres humanos, a estudiar su diversidad molecular expresada en su material genético. La biología molecular ha contribuido al estudio de los insectos desde el punto de vista del conocimiento de sus sistemática e identificación por medio de la aplicación de herramientas como RFLP, PCR, el análisis de isoenzimas, y Souther blotting, (Hernández, 1997; Hernández, Pérez y Huerta, 2019; Campos-Fuentes, 2021). La utilización de técnicas moleculares ha permitido la identificación taxonómica de especies de insectos del género *Lutzomia* díptero encargado de la transmisión de la Leishmaniasis (Bejarano, 2001; Campos-Fuentes, 2021). Además, la secuenciación de genes productores de proteínas antifúngicas, o la incorporación de genes específicos para el desarrollo de transgénicos en plantas forrajeras (Cornide *et al.*, 1995). El estudio de primers por medio de RAPD para la identificación de fragmentos de ADN en hongos entomopatógenos con potencial productor de bioinsecticidas (Dávila *et al.*, 2001). El efecto de los insecticidas organosistémicos sobre los enemigos naturales ha causado una incongruencia entre el control químico y biológico. Los enemigos naturales desarrollan resistencia de forma más lenta, por lo que se ha estudiado la posibilidad de transferirles genes de resistencia procedentes de las plagas (Silva *et al.*, 2006).

La entomobiología también tiene aplicaciones ambientales que ayudan a combatir fenómenos de contaminación ambiental. Tal es el caso de los lepidópteros de la especie *Galleria*

*mallonella* (Gusano de la cera) capaz de digerir plásticos, lo cual se cree que está relacionado con el entorno de desarrollo de las larvas de la polilla y su hábito alimenticio basado en la cera (Bombelli y Bertocchini, 2017). Otros insectos reportados como degradadores de poliestireno son: *Uloma sp*, *Z. atratus*, y *T. molitor*. Se cree que el mecanismo de digestión tiene que ver con enzimas producidas por microrganismos asociados capaces de mineralizar los compuestos básicos del poliestireno (Ventura-Bernilla, & Zeña-Quesquén, 2024).

## **CONCLUSIONES**

Aunque la entomología y la biotecnología surgieron de forma incipiente hace miles de años, solo hasta que hubo el desarrollo de las herramientas biotecnológicas y esta última permeó otras áreas de las ciencias biológicas, se dio un traslape de conocimientos que hoy permite dilucidar una nueva área para la investigación y el desarrollo. De esta manera, el término entomobiología delimita ese campo que ha permitido desarrollar y mejorar aplicaciones en la industria, en el medio ambiente, la agricultura, la producción pecuaria, la alimentación y la salud. Así mismo, la entomobiología se alimenta de las herramientas de la biología molecular y de otros campos y técnicas desarrolladas en la citogenética, microbiología, bioquímica, genómica, bioinformática, proteómica y metabolómica, para seguir identificando insectos potenciales, y encontrando aplicaciones para nuestro beneficio y el de la biosfera.

La importancia de los avances de la entomobiología se ha cristalizado en todas las áreas de las ciencias biológica, pero más que eso, han cumplido su función al permitirnos usar el conocimiento como herramienta para nuestra supervivencia, tal es el caso concreto de la producción de las vacunas de emergencia utilizadas para disminuir el impacto de la pandemia por COVID 19, o el control de plagas para aumentar nuestra seguridad alimentaria y de las poblaciones futuras, en un mundo que está en continuo cambio y cuya población de seres humanos aumenta constantemente.

## REFERENCIAS

- Acacio, L., & Valera, E. (2022). Importancia de la Entomología forense y su aplicación en el peritaje antropológico para la estimación del intervalo post mortem. *Antropo*, 47, 11-15.
- Alba-Tercedor, J. and Sánchez-Ortega, A. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*, 4: 51-56 (1988). Asociación Española de Limnología, Madrid, Spain.
- Asociación de biotecnología vegetal agrícola Agro-bio. La Agricultura y la Biotecnología Moderna. *Revista Nacional de Agricultura*. N° 947. Colombia, noviembre de 2006.
- Bellés, X. (1999). Thomas Moufet (1553-1604) y la rocambolesca historia del Teatro de los insectos. *Boletín de la SEA*, (25), 10.
- Bellés, X. (1997). Los insectos y el hombre prehistórico. *Bol. SEA*, 20, 319-325.
- Bombelli, P., Howe, CJ y Bertocchini, F. (2017). Biodegradación del polietileno por orugas de la polilla de la cera *Galleria mellonella*. *Biología actual*, 27 (8), R292-R293.
- Botto, E. N., Glaz, P., Rittaco, M., Nussebaun, N., Hernández, C., Garrido, S., & Saez, T. (2005). Utilización de la técnica del insecto estéril [TIE] como alternativa de control de *Cydia pomonella* L. [Lepidoptera: Tortricidae], en la Argentina. In *Congreso Latinoamericano de Horticultura. 12. Congreso Argentino de Horticultura. 28. 2005 09 7-8, 7-8 de setiembre de 2005. General Roca, Río Negro. AR*.
- Braga, T. D. S. (2024). Robert Hooke, o microscópio ea célula: a história da ciência no PNLD 2021 (Tesis de maestría, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

Campos Fuentes, E. F. (2021). Identificación de especies causantes de Leishmaniosis cutánea en Costa Rica por la técnica de Polimorfismos en la Longitud de Fragmentos de Restricción (RFLP) a partir del gen de la proteína HSP 70.

Chauvin, Remy, El Mundo de los insectos, (1968) Ediciones Guadarrama ISBN 978-84-250-3016-1

Chicaiza Ortiz, C. D., Rivadeneira Arias, V. D. C., & Herrera-Feijoo, R. J. (2023). Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias.

Cobb, M. (2000). Reading and writing the book of nature: Jan Swammerdam (1637–1680). *Endeavour*, 24(3), 122-128.

Ferrín Suárez, X. (2021). *Agrobacterium tumefaciens*: descubrimiento, ciclo de vida, mecanismo de acción y aplicación en el ámbito de la biotecnología.

Gallegos, F. X. T., & Cortéz, A. C. C. (2019). Contribución de los de los insectos comestibles a la seguridad alimentaria. Editora Adjunta, 1, 6.

García-Rojo, A. M., Honorato, L., González, M., & Téllez, A. (2009). Determinación del intervalo postmortem mediante el estudio de la sucesión de insectos en dos cadáveres hallados en el interior de una finca rústica en Madrid. *Cuadernos de Medicina Forense*, (56), 137-145.

Garrido, F. J. 2002. Biotecnología, S.A. una aproximación sociológica. Departamento de Sociología II. Facultad de CC. Políticas y Sociología. UCM. *Política y Sociedad*, Vol 39, Núm. 3 (2002), Madrid (pp. 641-659).

Giribet, G., Wheeler, W. C., & Edgecombe, G. D. (1999). Sistemática y filogenia de Artrópodos: Estado de la cuestión con énfasis en análisis de datos moleculares. *Boletín de la SEA*, (26), 197-212.

Gorla, D. E. (2021). Entomología médica: ¿Quo vadis?

Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., & Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta zoológica mexicana*, 32(3), 370-379.

Henríquez Valido, P. E., Morales, J., Vidal Matutano, P., Santana Cabrera, J., & Rodríguez Rodríguez, A. (2019). Arqueoentomología y arqueobotánica de los espacios de almacenamiento a largo plazo: el granero de Risco Pintado, Temisas (Gran Canaria). *Trabajos de Prehistoria*.

Hernández, Y. (1997). Aplicación de las técnicas moleculares en la identificación de insectos. *Revista de Protección Vegetal*, 12.

Hernández, A. R. G., Pérez, G. I. M., Huerta, B. T. (2019). Biología molecular: herramienta para la determinación oportuna de insectos plaga, Capítulo II. En: Insectos de importancia cuarentenaria forestal: determinación, riesgo y distribución, Pág. 17.

Hong, Q., Liu, J., Wei, Y. y Wei, X. (2023). Aplicación del sistema de vectores de expresión de baculovirus (BEVS) en el desarrollo de vacunas. *Vacunas*, 11 (7), 1218.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2000. Algunas consideraciones para la gestión institucional sobre las nuevas biotecnologías: El caso de las plantas transgénicas en América latina y el Caribe.

Infante-Cabezón, J. C., & Soria-Iglesias, F. J. (2020). Entomología forense. Boletín de la SAE nº, 30, 133-146.

James, C; Krattiger, A. 1997. Insect resistance in crops: A case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. s.l, US, ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications). 42 p.

Lanteri, A. A. (2007). Código de barras del ADN y sus posibles aplicaciones en el campo de la Entomología. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 66(3-4), 15-25.

Lanteri, A. A., Confalonieri, V. A., & Scataglini, M. A. (2003). El picudo del algodonero en la Argentina: Principales resultados e implicancias de los estudios moleculares. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 62(3-4), 1-15.

Llopis-Giménez, A., Caballero-Vidal, G., Jacquin-Joly, E., Crava, CM, & Herrero, S. (2021). La infección por baculovirus afecta la quimiopercepción de la oruga. Bioquímica de insectos y biología molecular, 138, 103648.

Manjarrez, E. S., Viquez, H. G., Peña, E. I. G., & Barradas, J. S. A. (2024). Algunas de las tendencias generales de avances globales y en México en biotecnología y en bioprocessos. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores.

Martínez-Delclòs, X. (1996). Origen y diversificaron de los insectos. su registro fósil.

Mayorga Martino, V. J. (2023). Potencial uso de feromonas para el control de plagas en el sector agrícola.

Mendoza, R. G. (2010). Los insectos: antiguos constructores del mundo. *Elementos: Ciencia y Cultura*, (79), 29-33.

Miras Portugal, M. T. (2009, January). Receptores de feromonas de mamíferos: supervivencia y sexualidad. In *Annales de la real Academia Nacional de Farmacia* (Vol. 72, No. 3).

Mishra, V. (2020). Una guía completa de los sistemas de vectores de expresión de baculovirus comerciales para la producción de proteínas recombinantes. *Cartas de proteínas y péptidos*, 27 (6), 529-537.

Moret, P. (1997). Los insectos en la mitología y la literatura de la Grecia antigua. *Bol. SEA*, 20, 331-335.

Morris, M.S. 1989. Historia de la biotecnología. *Ciencia y desarrollo*. XIV (84):19-32

Muñoz de Malajovich, M. A., & Gómez, D. (2007). Biotecnología. *Biomedicina*.

Murcia Alonso, B. (2023). Revisión bibliográfica sobre la capacidad antimicrobiana del extracto de propóleo.

Neto, E. M. C., Ramos-Elorduy, J., & Pino, J. M. (2006). Los insectos medicinales de Brasil: primeiros resultados. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1(38), 395-414.

Niemeyer, H. M. (1992). Aspectos ecológicos y moleculares de la interacción entre áfidos y sus plantas hospederas. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 103-114.

Padilla, J.A. 1999. Las plantas transgénicas. *¿Comoves?* 7:8-11

Pérez-Doria, A., Bejarano, E. E., & Vélez, I. D. (2008). Descripción del ARN de transferencia mitocondrial para Serina (UCN) de *Lutzomyia columbiana* (Diptera, Psychodidae). *Rev Bras Entomol. 2008b*, 52(4), 591-594.

Pérez-Rodríguez, C., Manjarres-Pinzón, G. A., & Tamaris-Turizo, C. E. (2021). Insectos acuáticos asociados a arroyos de la Serranía de La Macuira-La Guajira, Colombia. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 24(1).

Pico-Poma, J. P., Sarabia-Guevara, D. A., Landívar-Valverde, M. D., & Cevallos-Lucas, E. G. (2023). Insectos: Uso como materia prima en la industria alimentaria y no alimentaria. *CIENCIAMATRIA*, 9(1), 253-277.

Romero Reverón, Rafael. (2011). Marcello Malpighi (1628-1694), fundador de la microanatomía. Revista Internacional de Morfología, 29 (2), 399-402. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022011000200015>

Smith, C. M., & Boyko, E. V. (2007). The molecular bases of plant resistance and defense responses to aphid feeding: current status. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122(1), 1-16.

Stefani, M. (2013). Francesco Redi. La contribución italiana a la historia del pensamiento: las ciencias. Instituto de la Enciclopedia Italiana - Giovanni Treccani. [https://www.treccani.it/enciclopedia/francesco-redi\\_\(Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/francesco-redi_(Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze)/)

Toro, G. H., Chiappa, T. E., Tobar, M. C. (2003). Biología de Insectos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. ISBN 956-17-0340-8

Bejarano, E. E. (2001). Nuevas herramientas para la clasificación taxonómica de los insectos vectores de leishmaniosis: utilidad de los genes mitocondriales. *Biomédica*, 21(2), 182-91.

Cornide, M. T., Coto, O., & Canales, E. (1995). Tendencias del fitomejoramiento genético para la resistencia a las enfermedades y plagas en la presente década. *Centro Agrícola*, 22.

Dávila, M., Zambrano, K., & Castillo, M. (2001). Uso de la técnica RAPD para la identificación de fragmentos de ADN posiblemente relacionados con virulencia en hongos entomopatógenos. *Bioagro*, 13(3), 93-98.

Silva, G., Rodríguez, J., & Bernal, J. (2006). Resistencia de parásitoides y depredadores de plagas agrícolas a insecticidas. *Agro-ciencia*, 22, 37-48.

Ventura Bernilla, C., & Zeña Quesquén, J. E. (2024). Eficiencia de insectos y microorganismos asociados degradadores de poliestireno identificados en América, Asia y Europa, 2015-2021.