



**MASTERPROF UMH**  
UNIVERSITAS *Miguel Hernández*

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO  
ESO Y BACHILLERATO, FP Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

# Premios Nobel más relevantes otorgados en Química en el siglo XX

Estudiante: Jose Pastor Sanjaime

Especialidad: Física y Química

Tutor/a: Ramón Castañer Botella

Curso académico: 2023-24



## ÍNDICE

1. <a href="#">Resumen y palabras clave</a> .....	3
2. <a href="#">Introducción</a> .....	5
3. <a href="#">Método</a> .....	7
4. <a href="#">Resultados y contribuciones prácticas</a> .....	8
5. <a href="#">Discusión y conclusiones</a> .....	30
6. <a href="#">Referencias</a> .....	32





## 1. Resumen y palabras clave

Este trabajo aborda los Premios Nobel de Química del siglo XX que han influido significativamente en la biotecnología, destacando sus contribuciones a la ciencia y a la sociedad. Tras una revisión bibliográfica tanto de fuentes primarias como secundarias, se seleccionaron 22 premios de los 92 otorgados en este periodo, centrados especialmente en la bioquímica y la biotecnología, abarcando descubrimientos como la síntesis de biomoléculas y la estructura de los ácidos nucleicos. Estos avances han permitido desde la producción de insulina recombinante hasta la mejora de cultivos agrícolas, evidenciando la conexión entre la investigación química y sus aplicaciones biotecnológicas. Aunque la selección de premios refleja un criterio personal y se limita a la información disponible, subraya la relevancia de estos reconocimientos en el fomento del progreso tecnológico y científico. Se sugiere que investigaciones futuras exploren los impactos de premios más recientes y realicen análisis cuantitativos para evaluar su impacto socioeconómico, ofreciendo nuevas perspectivas sobre el potencial de la química para avanzar en la biotecnología y afrontar retos globales, prometiéndole esperanza y oportunidades para el futuro.

Palabras clave: innovación, descubrimientos, aplicaciones, técnicas, investigación, bienestar.

This work addresses the Nobel Prizes in Chemistry of the 20th century that have significantly influenced biotechnology, highlighting their contributions to science and society. Through a bibliographic review of primary and secondary sources, 22 awards out of the 92 given in this period were selected, focusing especially on biochemistry and biotechnology, covering discoveries such as the synthesis of biomolecules and the structure of nucleic acids. These advances have enabled everything from the production of recombinant insulin to the improvement of agricultural crops, evidencing the connection between chemical research and its biotechnological applications. Although the selection of awards reflects personal

criteria and is limited to available information, it underscores the relevance of these recognitions in fostering technological and scientific progress. Future research is suggested to explore the impacts of more recent awards and conduct quantitative analyses to assess their socioeconomic impact, offering new perspectives on the potential of chemistry to advance biotechnology and tackle global challenges, promising hope and opportunities for the future.

Key words: innovation, discoveries, applications, techniques, research, well-being.





## 2. Introducción

A lo largo de la historia, los premios Nobel han sido de los galardones más influyentes de la época. Estos se llevan otorgando desde 1901 a aquellas eminencias que destacan en cualquiera de las siguientes áreas: física, química, fisiología o medicina, literatura y la paz.

La química es una ciencia que ha sido elemental para la formación de la sociedad actual tal como la conocemos. A lo largo del siglo XX fue crucial para el crecimiento de la población, ya que permitió comprender mejor la naturaleza y la composición de los elementos, así como la obtención de medicamentos, plásticos y fertilizantes. Estas aportaciones han permitido salvar y facilitar la vida de una gran cantidad de personas en los últimos siglos.

A lo largo de la historia, los premios Nobel en el campo de la Física y Química han destacado a algunos científicos muy relevantes como bien pueden ser Albert Einstein, Marie Curie, Niels Bohr o Erwin Schrödinger. Otros menos conocidos, cómo, por ejemplo, Fritz Haber y Carl Bosch recibieron el premio nobel en 1918 tras desarrollar un proceso que permitió la síntesis de fertilizantes, lo cual permitió aumentar en gran cantidad la producción de alimentos.

Recientemente, se han otorgado ciertos premios Nobel a algunos investigadores por sus grandes avances a nivel científico, como, por ejemplo, en 2023, el cual fue otorgado por sus trabajos sobre el cambio climático a Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann y Giorgio Parisi.

Actualmente, es más importante que nunca valorar los premios Nobel del área de Física y Química debido a los grandes retos a los que se enfrenta esta sociedad tan globalizada en la que nos encontramos, por ejemplo, el cambio climático, las nuevas pandemias y epidemias emergentes, las guerras y la escasez de alimentos y recursos que conllevan. En ellos puede hallarse la solución a gran parte de los problemas que afronta día a día la humanidad.

Por otra parte, los premios Nobel también son importantes a nivel educativo y profesional, ya que dan a conocer a los grandes científicos de la sociedad a la población general y reconocen la excelencia académica y en investigación. Esto



genera una motivación para la obtención de este mérito, promoviendo así la investigación. Estos premios también permiten la obtención de financiación y reconocimiento por parte de la sociedad en que nos encontramos.

En cuanto a los objetivos de este trabajo, primeramente, nos centraremos en identificar que contribuciones han aportado los Nobel del siglo XX del área de la Química a la sociedad, así como en analizar las implicaciones que estas han tenido. Finalmente, también se visualizarán que aportaciones trajeron esos Nobel a la actualidad en el día a día de las personas.





### **3. Método**

El tema de estudio de este trabajo son los premios Nobel de Química del Siglo XX, el cual se abordará mediante una revisión bibliográfica de fuentes secundarias, es decir, aquellas que recopilan información sobre los premios sin ser la fuente original. Esta seguirá la siguiente metodología:

- Elección de autores relevantes en cuanto al descubrimiento.
- Selección de fuentes de gran calidad
- Comprobación de la actualidad de la información de las fuentes.
- Citación de las fuentes

En este trabajo primeramente se realizará una búsqueda sobre los principales Premios Nobel de Química otorgados durante el Siglo XX, centrándonos especialmente en el ámbito de la Bioquímica y la Biotecnología, y posteriormente se evaluarán las aplicaciones que estos descubrimientos han tenido en la sociedad, así como su impacto en la humanidad.

Finalmente, se seleccionaron un total de 22 premios de los 92 Nobel que se otorgaron durante el siglo XX en el área de la química. Algunos de estos premios fueron compartidos por varios científicos, por lo que en total se han recopilado los trabajos de 33 autores, ya que uno de ellos, Frederick Sanger, ha recibido dos veces un premio Nobel.



#### 4. Resultados y contribuciones prácticas

Durante el siglo XX se dieron muchos avances en el campo de la Biotecnología, parte de ellos fueron gracias a algunos de los premios Nobel de Química. Estos científicos contribuyeron en áreas esenciales de la química biológica, la biología molecular, la genómica y la proteómica. Muchos de estos descubrimientos cambiaron la forma de vida en la sociedad en la época.

En la siguiente tabla se puede observar una recopilación de aquellos premios Nobel del área de Química que contribuyeron en el área de la Biotecnología:

Año	Premio	Investigador	Descubrimiento
1902	Química	<a href="#">Hermann Emil Fischer</a>	Síntesis de azúcares y purinas
1907	Química	<a href="#">Eduard Buchner</a>	Fermentación fuera de las células
1915	Química	<a href="#">Richard Martin Willstätter</a>	Pigmentos vegetales, especialmente la clorofila
1928	Química	<a href="#">Adolf Otto Reinhold Windaus</a>	Estructura de esteroides y relación con las vitaminas
1929	Química	<a href="#">Arthur Harden y Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin</a>	Fermentación de azúcares y enzimas fermentadoras
1930	Química	<a href="#">Hans Fischer</a>	Estructura del grupo hemo y la clorofila
1937	Química	<a href="#">Walter Norman Haworth</a>	Carbohidratos y síntesis de la vitamina C
1946	Química	<a href="#">John Howard Northrop y Wendell Meredith Stanley</a>	Purificación de enzimas y proteínas víricas
1952	Química	<a href="#">Archer John Porter Martin y Richard Laurence Millington Syge</a>	Creación de la cromatografía
1955	Química	<a href="#">Vincent du Vigneaud</a>	Compuestos sulfurados de importancia bioquímica
1957	Química	<a href="#">Alexander R. Todd</a>	Nucleótidos y coenzimas
1958	Química	<a href="#">Frederick Sanger</a>	Estructura de las proteínas, especialmente la de la insulina
1961	Química	<a href="#">Melvin Calvin</a>	Asimilación del dióxido de carbono en organismos fotosintéticos



1962	Química	<a href="#">Max Ferdinand Perutz y John Cowdery Kendrew</a>	Conformación de las proteínas globulares
1970	Química	<a href="#">Luis F. Leloir</a>	Nucleótidos sacáridos y su papel en la biosíntesis de carbohidratos
1972	Química	<a href="#">Christian B. Anfinsen, Stanford Moore y William H. Stein</a>	Relación entre la secuencia de aminoácidos y la conformación biológicamente activa
1980	Química	<a href="#">Paul Berg, Frederick Sanger y Walter Gilbert</a>	ADN recombinante y secuenciación de bases en ácidos nucleicos
1982	Química	<a href="#">Aaron Klug</a>	Microscopía cristalográfica de electrones y estructura de complejos ácido nucleico-proteína
1984	Química	<a href="#">Robert Bruce Merrifield</a>	Síntesis química en matriz sólida
1989	Química	<a href="#">Sidney Altman y Thomas R. Cech</a>	Propiedades catalíticas del ARN
1993	Química	<a href="#">Kary B. Mullis y Michael Smith</a>	Reacción en cadena de la polimerasa y mutagénesis directa
1997	Química	<a href="#">Jhon E. Walker, Paul D. Boyer y Jens C. Skou</a>	Síntesis del adenosín trifosfato (ATP) y la primera enzima de transporte iónico

En las siguientes páginas se detallan los premios Nobel de la tabla superior, así como los cambios y mejoras que conllevaron en la sociedad de la época.

**Premio Nobel de 1902: fue otorgado a Hermann Emil Fischer por su trabajo en las síntesis de azúcares y purinas.**



Fischer, H. E. (1852-1919).  
 Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1902.

Hermann Emil Fischer fue un químico alemán que se dedicaba a la química orgánica y trabajó durante parte de su vida con la estructura y actividad de carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos. En 1884 descubrió la estructura de la glucosa, lo cual le permitió ser capaz de sintetizarla. Posteriormente, en 1885 comenzó a estudiar las purinas, una parte esencial de muchas moléculas biológicas, y en 1898 logró sintetizar por primera vez una purina. Estos dos descubrimientos le hicieron

ganar el premio Nobel de química en 1902 (Fischer, 1902; Fischer, 1902). También, es conocido por la proyección de Fischer, la cual ideó para representar bidimensionalmente ciertas moléculas de carbono, como por ejemplo los azúcares.

En cuanto a contribuciones prácticas, podemos decir que los descubrimientos de este científico permitieron sintetizar azúcares, empleados mayoritariamente en la industria alimentaria, y sintetizar purinas, empleadas en la industria farmacéutica para elaborar medicamentos.

**Premio Nobel de 1907: fue otorgado a Eduard Buchner por sus investigaciones bioquímicas y su descubrimiento de la fermentación fuera de las células.**



Buchner, E. (1860-1917).  
Wikipedia. Nobel Prize in  
Chemistry, 1907.

Eduard Buchner fue un químico alemán que se dedicó a la bioquímica y trabajó durante parte de su vida con la conformación y actividad de las enzimas. En 1897, descubrió que los extractos de levadura podían fermentar el azúcar hasta alcohol y probó que los enzimas implicados en la fermentación alcohólica seguían funcionando incluso cuando se eliminaban las células vivas. Este descubrimiento le llevó a ganar el premio Nobel de química en 1907 (Buchner, 1907). Tras ello, entre 1900 y 1910 continuó estudiando las enzimas y descubrió su estructura y función, la catálisis de reacciones químicas.

Estos descubrimientos establecieron las bases de la bioquímica enzimática y dieron lugar a gran cantidad de aplicaciones, como en la industria de la alimentación ya que permitió elaborar productos obtenidos por fermentación alcohólica, como el pan, el vino, al vinagre y el alcohol, así como para conservar alimentos. Por otra parte, en la industria farmacéutica también sirvió como base a la producción de medicamentos de síntesis bioquímica.

**Premio Nobel de 1915: fue otorgado a Richard Martin Willstätter por sus investigaciones en los pigmentos vegetales, especialmente la clorofila.**



Richard Martin Willstätter fue un químico alemán que se dedicó a la química orgánica y trabajó durante parte de su vida con la estructura y función de la clorofila y algunos pigmentos vegetales. En 1897, descubrió que la clorofila era un compuesto complejo formado por magnesio, carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, lo cual revolucionó el concepto de fotosíntesis. Posteriormente, descubrió que los pigmentos vegetales eran moléculas

Willstätter, R. M. (1872-1942). esencias para la fotosíntesis, asentando las bases de Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1915.

la bioquímica vegetal. En 1915 ganó el premio Nobel de química gracias a estos descubrimientos (Willstätter, 1915).

Estos descubrimientos ayudaron a comprender la estructura y función de los pigmentos vegetales, un proceso esencial para la fotosíntesis, lo cual tuvo un gran impacto en la agricultura ya que este proceso es esencial para la producción de alimentos. Por otra parte, los pigmentos vegetales, como la clorofila, también se utilizan en la industria farmacéutica para fabricar medicamentos.

**Premio Nobel de 1928: fue otorgado a Adolf Otto Reinhold Windaus por su investigación de la estructura de los esteroides y su conexión con las vitaminas.**



Adolf Otto Reinhold Windaus fue un químico alemán que se dedicó a la química orgánica y trabajó durante parte de su vida con la estructura y función de los esteroides, un tipo de lípido hallado en tejidos animales y vegetales. En 1913, descubrió que el colesterol era un esteroide, un compuesto

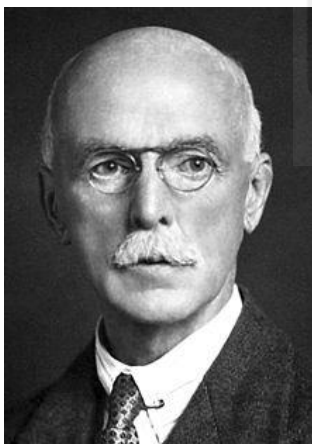
Reinhold Windaus, A. O. (1876-1959). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1928.

formado por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, además

descubrió que estas moléculas son esenciales para el funcionamiento del organismo. Posteriormente, en 1931 obtuvo la vitamina D cristalizada mediante irradiación de ergosterol. Fue la primera vez que se consiguió aislar una vitamina pura, lo cual fue un gran hito en la historia de la medicina. Este descubrimiento le llevó a ganar el premio Nobel de química en 1928 (Windaus, 1928).

Esto permitió la síntesis de la vitamina D, lo cual fue un gran avance en la medicina de la época, ya que gracias a ello se podía prevenir el raquitismo. Además, el descubrimiento de la estructura de los esteroides permitió fabricar nuevos medicamentos, así como nuevos productos en la industria cosmética .

**Premio Nobel de 1929: fue otorgado a Arthur Harden y a Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin por sus trabajos en la fermentación de los azúcares y las enzimas fermentadoras.**



Harden, A. (1865-1940). August Simon von Euler-Chelpin, H. K. (1873-1964) Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1929.

Arthur Harden y Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin fueron dos químicos, uno británico y el otro sueco, respectivamente, que trabajaron juntos en la investigación de la fermentación alcohólica. En 1905, Harden descubrió que la fermentación alcohólica podía producirse sin organismos vivos, lo que sugería

que las enzimas eran las responsables de esta reacción química. Von Euler-Chelpin continuó trabajando en este campo y, en 1929, ambos obtuvieron el Premio Nobel de Química gracias a sus descubrimientos (Harden & Euler-Chelpin, 1929).

Gracias al descubrimiento de que las fermentaciones podían darse por medio de las enzimas, sin presencia de un organismo vivo, lo cual ayudó a comprender el

proceso de fermentación, se sentaron las bases de la bioquímica enzimática. Este avance científico facilitó aún más los procesos de fermentación en la industria alimentaria y farmacéutica.

**Premio Nobel de 1930: fue otorgado a Hans Fischer por sus investigaciones de la estructura del grupo hemo y la clorofila y especialmente por la síntesis de la primera.**

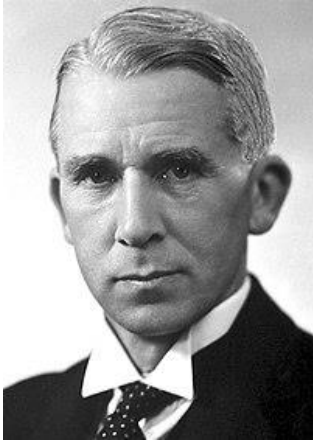


Fischer, H. (1881-1945).  
Wikipedia. Nobel Prize in  
Chemistry, 1930.

Hans Fischer fue un químico alemán que se dedicó a la bioquímica y trabajó durante parte de su vida con la estructura y función de los pigmentos biológicos. En 1929, demostró que el grupo hemo, una molécula esencial para la hemoglobina y otros compuestos biológicos estaba formado por cuatro anillos de porfirina y un átomo de hierro. Este descubrimiento fue un hito en la comprensión de la bioquímica, ya que permitió comprender la estructura y función de esta molécula esencial para la vida. También logró sintetizar la clorofila, la cual es esencial para la fotosíntesis y otorga el color verde a las plantas. Esta síntesis fue un logro importante en la química orgánica, ya que permitió estudiar la estructura y función de esta molécula a un nivel más detallado. Estos dos descubrimientos llevaron a Fischer a ganar el premio Nobel de química en 1930 (Fischer, 1930).

Los descubrimientos de Fischer sobre la estructura del grupo hemo y la clorofila han tenido un impacto significativo en la ciencia y la tecnología. En la industria farmacéutica el descubrimiento del grupo hemo contribuyó a la creación de tratamientos contra la anemia y otras enfermedades. La síntesis de la clorofila fue una revolución en la industria alimentaria, ya que permitió desarrollar nuevos productos a base de clorofila, como suplementos dietéticos y cosméticos.

**Premio Nobel de 1937: fue otorgado a Walter Norman Haworth por sus investigaciones en carbohidratos y la síntesis de la vitamina C.**



Norman Haworth, W. (1883-1950). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1937.

Walter Norman Haworth fue un químico británico que se dedicó a la química de los carbohidratos y trabajó durante parte de su vida con la estructura y función de estos compuestos. Entre 1920 y 1930 descubrió la estructura de los azúcares y creó un sistema de nomenclatura para estas moléculas. En 1933 fue el primer científico en sintetizar la vitamina C. En 1937 ganó el premio Nobel de química gracias a sus descubrimientos (Haworth, 1937).

Sus descubrimientos sobre la estructura de los carbohidratos fueron fundamentales para el desarrollo de la química de los carbohidratos y han tenido un impacto significativo en la ciencia y la tecnología, ya que han permitido desarrollar nuevos productos alimenticios y edulcorantes artificiales. La síntesis de la vitamina C permitió la producción a nivel industrial, facilitando aportando así una solución al escorbuto, causado por una deficiencia de vitamina C.

**Premio Nobel de 1946: fue otorgado a John Howard Northrop y a Wendell Meredith Stanley por la preparación de enzimas y proteínas víricas de forma pura.**



Howard Northrop, J. (1891-1987). Meredith Stanley, W. (1904-1971) Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1946.

John Howard Northrop y Wendell Meredith Stanley fueron dos químicos estadounidenses que trabajaron en el campo de la bioquímica y la virología. Northrop comenzó trabajando en la purificación de enzimas en la década de 1920. En 1929, logró

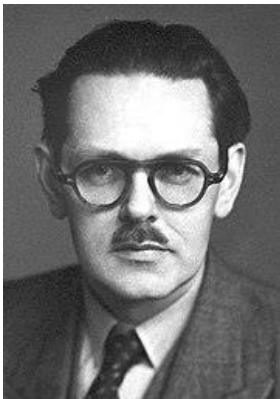
purificar la pepsina, una enzima estomacal que digiere las proteínas.

Esta fue la primera vez que se purificaba una enzima de forma pura. Northrop continuó trabajando en la purificación de enzimas, y en 1937 logró purificar la tripsina, otra enzima que se encuentra en el estómago y que también digiere las proteínas. Stanley comenzó trabajando en la purificación de proteínas virales en la década de 1930. En 1935, logró purificar el virus del mosaico del tabaco, un virus que afecta a los organismos vegetales. Esta fue la primera vez que se purificaba un virus de forma pura. Stanley siguió trabajando en la purificación de proteínas virales, y en 1941 logró purificar el virus de la gripe. Estos trabajos llevaron a Northrop y Stanley a ganar el premio Nobel en química en 1946 (Northrop & Stanley, 1939).

Estos descubrimientos sobre la purificación de enzimas y proteínas virales fueron fundamentales para el desarrollo de la bioquímica y la virología, y han tenido un impacto significativo en la ciencia y la tecnología. La purificación de enzimas ha permitido la síntesis de nuevos medicamentos y tratamientos para ciertas enfermedades. La purificación de proteínas virales ha permitido estudiar más a fondo ciertos virus, lo cual llevó al desarrollo de nuevas vacunas y tratamientos contra virus.

**Premio Nobel de 1952: fue otorgado a Archer John Porter Martin y a Richard Laurence Millington Syngé por la invención de la cromatografía.**

Archer John Porter Martin y Richard Laurence Millington Syngé fueron dos bioquímicos británicos que trabajaron en el campo de la separación de sustancias de diferentes preparaciones.



Porter Martin, A. J. (1910-2002). Millington Syngé, R. L. (1914-1994) Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1952.

Martin comenzó trabajando con la cromatografía en la década de 1940, un año después desarrolló la cromatografía de intercambio iónico, la cual permitió separar sustancias con distintas cargas en base a atracciones entre cargas eléctricas. Esto permitió separar diferentes cargas, obteniendo proteínas y aminoácidos de manera individual.

Syngé empezó trabajando con la cromatografía en la década de 1930; en 1944 desarrolló la cromatografía de partición, la cual se basa en la separación de compuestos según su solubilidad en distintas fases líquidas. Esta técnica permitió separar distintos compuestos en función a sus características intrínsecas, como por ejemplo aminoácidos y ácidos grasos. Debido a estos descubrimientos Archer John Porter Martin y Richard Laurence Millington Syngé ganaron el premio Nobel de química en 1952 (Martin & Syngé, 1941).

Sus descubrimientos sobre la cromatografía fueron fundamentales para el desarrollo de la bioquímica, y han tenido un impacto significativo en la ciencia, medicina e industria, ya que permitió separar los compuestos de diferentes mezclas biológicas, por ejemplo, para separar proteínas y diagnosticar enfermedades o controlar la calidad de medicamentos. Así como separar compuestos químicos, materiales o incluso, alimentos.



**Premio Nobel de 1955: fue otorgado a Vincent du Vigneaud por su trabajo con compuestos sulfurados y por la síntesis de la primera hormona polipeptídica.**



Vincent du Vigneaud fue un químico estadounidense que trabajó en el campo de la bioquímica y la química orgánica. Este, trabajó con compuestos sulfurados en la década de 1930 y en 1938 logro sintetizar la cistina, un aminoácido sulfurado, lo cual fue un hito en la historia de la ciencia, ya que fue el primer aminoácido sintetizado hasta el momento.

Posteriormente, en 1953 logró sintetizar por primera vez una

Vincent du Vigneau. (1901-1978). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1955.

hormona polipeptídica, la oxitocina, la cual es responsable de las contracciones uterinas. Por todo

ello, fue en 1955 cuando recibió el premio Nobel de química (du Vigneaud, 1953).

Estos descubrimientos en relación a los compuestos sulfurados fueron elementales para el desarrollo de la bioquímica, y han tenido un impacto significativo en la ciencia y la tecnología. La síntesis de la oxitocina fue también un gran hito para la ciencia, ya que abrió el camino a la síntesis de nuevos medicamentos y tratamientos como los antiinflamatorios y los antibióticos. Además, permitió mejorar la fabricación de alimentos como por ejemplo la leche y la carne.

**Premio Nobel de 1957: fue otorgado a Alexander R. Todd por sus trabajos en nucleótidos y coenzimas.**



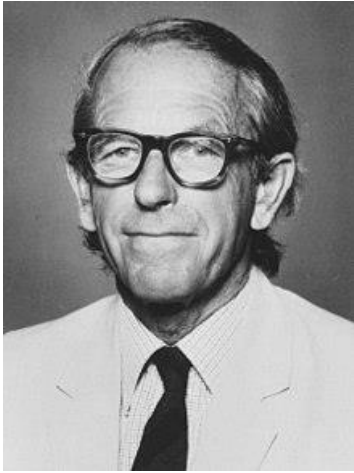
Robert Todd, A. (1907-1997). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1957.

Alexander R. Todd fue un químico escocés que trabajó en el campo de la bioquímica y la química orgánica. Este científico comenzó su trabajo con los nucleótidos en la década de 1930, en 1935 consiguió sintetizar la riboflavina, una vitamina esencial que forma parte de las coenzimas. En 1949 logró sintetizar la adenina, un nucleótido de los ácidos nucleicos. Además, trabajo con coenzimas, de las cuales consiguió sintetizar la flavina adenina dinucleótido, una coenzima que participa en una gran cantidad de reacciones. Por todo ello obtuvo el premio Nobel de química en 1957 (Todd, 1955).

Sus descubrimientos fueron fundamentales para el avance de la biología y la biotecnología. La síntesis de nucleótidos sentó un precedente en la ciencia, ya que permitió comprender la estructura y función del ADN, ARN y las enzimas, y desarrollar nuevas técnicas de diagnóstico y terapias para enfermedades, como los antiinflamatorios y los antibióticos. Además, permitió mejorar la fabricación de alimentos como por ejemplo la leche y la carne.

**Premio Nobel de 1958: fue otorgado a Frederick Sanger por su trabajo en la estructura de las proteínas, especialmente la de la insulina.**

Frederick Sanger fue un bioquímico británico que trabajó con la estructura de las proteínas. Sanger comenzó su trabajo en la secuencia de la insulina en la década de 1940. En 1953, logró determinar la secuencia completa de los 51 aminoácidos que componen la insulina. Esta fue la primera vez que se determinaba la secuencia completa de una proteína, lo cual abrió el camino al estudio de la



Sanger, F. (1918-2013).  
Wikipedia. Nobel Prize in  
Chemistry, 1958.

conformación y actividad de estas moléculas. Posteriormente, Sanger desarrolló dos técnicas para la secuenciación de proteínas: la digestión enzimática y la reacción de Edman. La digestión enzimática consistía en dividir la proteína en fragmentos más pequeños, y luego obtener la secuencia de cada fragmento. La reacción de Edman consiste en eliminar un aminoácido de la proteína cada vez, y luego determinar la secuencia de la macromolécula a partir de los residuos que quedan.

El descubrimiento de la secuencia de la insulina fue un hito fundamental en la bioquímica, y ha tenido un impacto significativo en la ciencia. Este ayudó a mejorar la comprensión de la estructura y función de estas macromoléculas, las proteínas, lo cual llevó al desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos, como por ejemplo la insulina sintética y los anticuerpos monoclonales (Sanger, 1955).

### **Premio Nobel de 1961: fue otorgado a Melvin Calvin por sus investigaciones en la asimilación del dióxido de carbono en las plantas.**



Calvin, M. (1911-1997).  
Wikipedia. Nobel Prize in  
Chemistry, 1961.

Melvin Calvin fue un químico estadounidense que realizó trabajos sobre la fotosíntesis. Calvin comenzó su trabajo en la fotosíntesis en la década de 1940. En 1957, logró identificar las etapas que siguen al CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis. Este ciclo, conocido como el ciclo de Calvin, describe cómo las plantas emplean la energía solar para obtener glucosa a partir del CO<sub>2</sub>, el azúcar que es la base de la vida en la Tierra. En este proceso, Calvin desarrolló dos nuevas técnicas que le permitieron hacer un seguimiento de los componentes del ciclo. La primera de ellas fue el marcaje con isótopos radiactivos para poder rastrear el movimiento del CO<sub>2</sub> a través del ciclo, y la

segunda fue el uso de espectroscopia, la cual le permitió identificar aquellas moléculas que participaban en el ciclo. Todo ello le llevo a obtener el premio Nobel de química en 1961 (Calvin, 1961).

A partir de estos descubrimientos surgieron algunas aplicaciones como por ejemplo el desarrollo de nuevas técnicas para mejorar la producción de alimentos o bien el desarrollo de nuevos combustibles renovables. Además, permitió tener una mayor comprensión sobre la fotosíntesis, un proceso esencial para la vida en el mundo en que vivimos.

**Premio Nobel de 1962: fue otorgado a Max Ferdinand Perutz y a John Cowdery Kendrew por sus estudios en las estructuras de las proteínas globulares.**



Perutz, M. F. (1914-2002). Kendrew, J.C. (1917-1997). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1962.

Max Ferdinand Perutz y John Cowdery Kendrew fueron dos bioquímicos británicos que trabajaron estudiando la estructura de las proteínas. Perutz comenzó su trabajo en la estructura de la hemoglobina en la década de 1930. En 1959, logró determinar la estructura tridimensional de la hemoglobina, una proteína

encargada de transportar el oxígeno en la sangre. Esta fue la primera vez en obtener la conformación espacial de una proteína globular, lo cual abrió el camino al estudio de la estructura y actividad de las proteínas. Kendrew comenzó su trabajo en la estructura de la mioglobina en la década de 1940. En 1958, logró determinar la conformación espacial de la mioglobina, una proteína encargada de almacenar oxígeno en los músculos. Esta fue la segunda vez que se determinaba la estructura tridimensional de una proteína globular, lo cual confirmaba los resultados de Perutz. Estos descubrimientos los hicieron ganar el premio Nobel de Química en 1962 (Perutz & Kendrew, 1960).

Estos resultados ayudaron comprender mejor la conformación espacial y actividad de las proteínas, así como a la obtención de nuevos medicamentos, como por ejemplo los antibióticos y los antiinflamatorios.

**Premio Nobel de 1970: fue otorgado a Luis F. Leloir por su descubrimiento de nucleótidos sacáridos y su papel en la biosíntesis de carbohidratos.**



Leloir, L. F. (1906-1987).  
Wikipedia. Nobel Prize in  
Chemistry, 1970.

Luis Federico Leloir fue un bioquímico de nacionalidad argentina, el cual estudió la biosíntesis de carbohidratos. En 1940 comenzó a trabajar con nucleótidos asociados a azúcares y en 1951 logró aislar y caracterizarlos. Estas moléculas participan en la síntesis de carbohidratos y están formadas por un nucleósido, un grupo fosfato y un azúcar. Leloir demostró que estas moléculas son precursoras de los carbohidratos complejos, como por ejemplo el glucógeno o el almidón, es decir, son las moléculas encargadas de unir los azúcares más simples formando polisacáridos. Gracias a sus estudios recibió el premio Nobel de química en 1970 (Leloir, 1969).

En cuanto a las aplicaciones de estos descubrimientos podemos decir que han mejorado la comprensión de las rutas de síntesis de carbohidratos, así como el almacenamiento y las funciones de reserva energética en forma de carbohidratos.

**Premio Nobel de 1972: fue otorgado a Christian B. Anfinsen por su trabajo con la ribonucleasa y la conexión entre la secuencia de aminoácidos y la conformación biológicamente activa y a Stanford Moore y a William H. Stein por su elucidación de la conexión entre la estructura química y la actividad catalítica del centro activo de la molécula de ribonucleasa.**



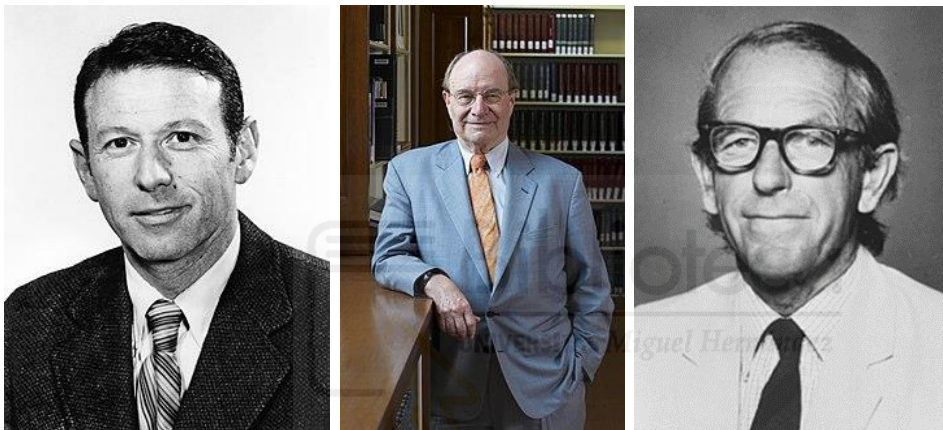
Anfinsen, C. B. (1916-1995).  
Moore, S. (1913-1982). Stein, W. H. (1911-1980).  
Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1972.

Christian B. Anfinsen, Stanford Moore y William H. Stein fueron tres bioquímicos estadounidenses que trabajaron en el campo de la biología estructural. Sus descubrimientos sobre la estructura y función de la ribonucleasa fueron fundamentales para el desarrollo de la biología molecular. Anfinsen comenzó su trabajo con la ribonucleasa en la década de 1950. En 1959, logró devolver la estructura tridimensional a la ribonucleasa desnaturalizada, es decir, logró que una ribonucleasa que había perdido su estructura funcional volviera a ser biológicamente activa. Este descubrimiento demostró que la secuencia aminoacídica determina la conformación espacial proteica, y que es esencial para su función. Moore y Stein comenzaron sus trabajos con la ribonucleasa en la década de 1950. En 1960, lograron determinar la estructura tridimensional de la ribonucleasa por cristalografía de rayos X. Este descubrimiento confirmó los resultados de Anfinsen, y proporcionó información detallada sobre la estructura y función de la ribonucleasa. Gracias a estos descubrimientos ganaron el Nobel de química en 1972 (Anfinsen et al., 1959).



Estos descubrimientos facilitaron la comprensión de la estructura y función de las proteínas, así como el desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos farmacológicos.

**Premio Nobel de 1980: fue otorgado a Paul Berg por sus estudios sobre la bioquímica de los ácidos nucleicos, en particular el ADN recombinante y a Walter Gilbert y a Frederick Sanger por sus contribuciones acerca de la determinación de secuencias de bases en ácidos nucleicos.**



Berg, P. (1926-2023). Gilbert, W. (1932-). Sanger, F. (1918-2013). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1980.

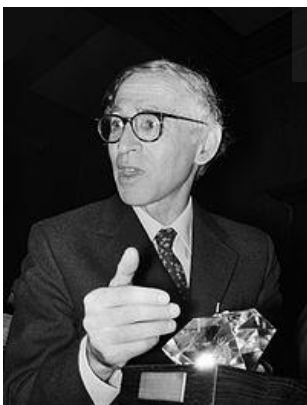
Paul Berg, Walter Gilbert y Frederick Sanger fueron tres bioquímicos (los dos primeros estadounidenses y el tercero de ellos británico) que trabajaron en el ámbito de la biología molecular. Sus descubrimientos sobre el ADN recombinante y la obtención de secuencias de bases de los mismos, fueron fundamentales para el desarrollo de la biología molecular, y han tenido un impacto significativo en la ciencia y la sociedad actual.

Berg comenzó su trabajo en el ADN recombinante en la década de 1960. En 1972, logró recombinar ADN de dos fuentes diferentes, un hito que abrió camino a la ingeniería genética. Berg demostró que era posible cortar y pegar ADN de diferentes fuentes, y que este ADN recombinante era capaz de replicarse y expresarse. Sobre la década de 1970 Gilbert y Sanger trabajaron en la secuenciación de ADN. Gilbert creó una herramienta de secuenciación basada

en la digestión enzimática, y Sanger obtuvo otra basada en la reacción de digestión enzimática y detección de los productos de digestión. Estas técnicas permitieron determinar secuencias de ácidos nucleicos, hecho esencial para el avance de la biología molecular. Por todos estos descubrimientos obtuvieron el premio Nobel de química en 1980 (Berg et al., 1972).

Estos descubrimientos sentaron las bases de la ingeniería genética la cual ha revolucionado la sociedad actual. Esto permitió desarrollar una nueva disciplina científica, la biotecnología, la cual permite crear nuevas vacunas y tratamientos contra enfermedades, así como alimentos y productos agrícolas modificados genéticamente.

**Premio Nobel de 1982: fue otorgado a Aaron Klug por el desarrollo de la microscopía cristalográfica de electrones y la elucidación estructural de complejos ácido nucleico-proteína biológicamente importantes.**



Klug, A. (1926-2018).  
Wikipedia. Nobel Prize in  
Chemistry, 1982.

Aaron Klug fue un químico y biofísico de nacionalidad británica pero original de Lituania que obtuvo el Premio Nobel de Química en 1982 gracias a la creación de la microscopía cristalográfica de electrones y el descubrimiento de la estructura de los complejos ácidos nucleico-proteína. Klug comenzó su trabajo con la microscopía cristalográfica de electrones en la década de 1950. Esta técnica utiliza un haz de electrones para obtener imágenes de estructuras cristalinas. Este científico desarrolló algunos métodos para mejorar la

resolución de las imágenes de microscopía de electrones, lo cual le permitió obtener imágenes más detalladas de estructuras biológicas de lo que se había conseguido hasta la época. Klug utilizó la microscopía cristalográfica de electrones para estudiar la estructura de los complejos ácido nucleico-proteína. Estos complejos son esenciales para la función de los ácidos nucleicos, y Klug logró determinar la estructura de varios de ellos, como el complejo ADN-ARN



polimerasa y el complejo ADN-histona. Todos estos descubrimientos le llevaron a obtener el premio Nobel de química en 1982 (Klug, 1982).

Todos estos descubrimientos permitieron mejorar el conocimiento que existía hasta entonces sobre la estructura y actividad de estas moléculas. Además, permitió mejorar la síntesis de fármacos, así como las técnicas de diagnóstico de nuevas enfermedades.

**Premio Nobel de 1984: fue otorgado a Robert Bruce Merrifield por su desarrollo de la metodología para la síntesis química en matriz sólida.**

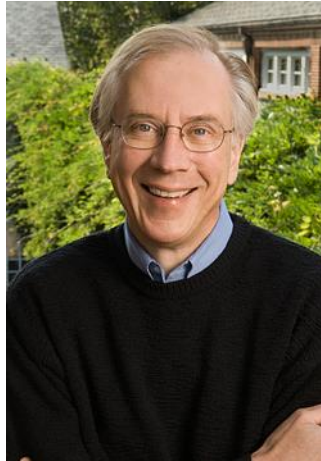


Bruce Merrifield, R.  
(1921-2006). Wikipedia.  
Nobel Prize in  
Chemistry, 1984.

Robert Bruce Merrifield fue un bioquímico estadounidense que desarrolló una técnica de síntesis química de péptidos en matriz sólida en la década de 1960. Esta herramienta utiliza una resina sólida como soporte para los aminoácidos, los cuales se unen mediante enlaces covalentes. Posteriormente, los aminoácidos son capaces de unirse entre sí mediante reacciones químicas. En 1984 ganó el Premio Nobel de Química por la invención de esta nueva técnica, la cual fue de gran utilidad en la industria.

Este descubrimiento ha tenido un gran impacto en la sociedad, debido a que aportó una forma de síntesis proteica, la cual es de una gran utilidad en la industria farmacéutica para sintetizar nuevos fármacos, así como en el desarrollo de nuevas técnicas biotecnológicas como por ejemplo un test ELISA (Merrifield, 1984).

**Premio Nobel de 1989: fue otorgado a Sidney Altman y a Thomas R. Cech por el descubrimiento de las propiedades catalíticas del ARN.**



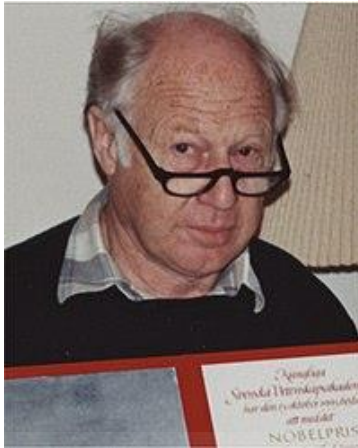
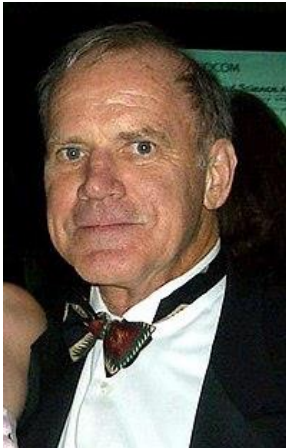
Altman, S. (1939-2022). Cech, T. R. (1947- ). Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1989.

Sidney Altman fue un científico estadounidense que junto a Thomas R. Cech, otro científico estadounidense, se dedicaron al estudio de las propiedades del ARN. El primero de ellos descubrió que una pequeña molécula de ARN, llamada ribozima,

podía catalizar (acelerar una reacción química) la reacción de autocorte de un ARN mensajero. Cech descubrió que un ARN nuclear pequeño, llamado snRNP, podía catalizar la reacción de maduración de los ARN mensajeros. Con todo ello descubrieron que el ARN poseía propiedades catalíticas, lo cual hasta ese entonces no se había considerado, por lo que mejoraron la comprensión de la conformación y actividad del ARN. Por todo ello recibieron el premio Nobel en química en 1989 (Altman & Cech, 1989; Cech & Altman, 1977).

En cuanto aplicaciones, estos descubrimientos permitieron mejorar el desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos, así como la producción de alimentos y productos agrícolas modificados genéticamente.

**Premio Nobel de 1993: fue otorgado a Kary B. Mullis por la invención de la reacción en cadena de la polimerasa y a Michael Smith por sus contribuciones en el establecimiento de mutagénesis directas basadas en oligonucleótidos y por su desarrollo de los estudios de las proteínas.**



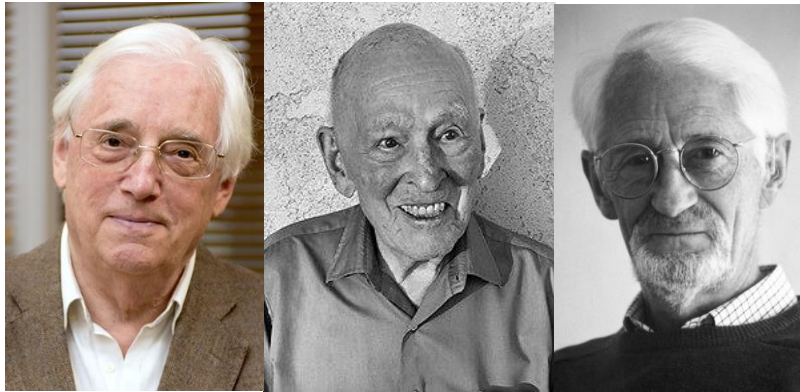
Mullis, K. B. (1944-2019). Smith, M. (1932-2000).  
Wikipedia. Nobel Prize in Chemistry, 1993.

Kary B. Mullis y Michael Smith fueron dos científicos estadounidenses dedicados al estudio de los ácidos nucleicos. Mullis desarrolló la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en 1983. Esta técnica permite amplificar un fragmento de ADN en cuestión de horas. Smith desarrolló la mutagénesis dirigida

basada en oligonucleótidos en la década de 1980. La mutagénesis dirigida es una técnica que permite introducir cambios específicos en la secuencia de ADN.

Estas técnicas han revolucionado la biología molecular y han tenido un gran impacto en el ámbito científico, especialmente en el ámbito de la genética, así como en la industria. En cuanto aplicaciones estos descubrimientos han abierto una gran ventana al desarrollo de nuevas vacunas y tratamientos de enfermedades, así como a la identificación anticipada de la predisposición a sufrir ciertas enfermedades. También permitieron mejorar la producción de alimentos y productos agrícolas mejorados genéticamente (Mullis & Smith, 1993).

**Premio Nobel de 1997: fue otorgado a Jhon E. Walker y a Paul D. Boyer por la elucidación del mecanismo enzimático de la síntesis del adenosín trifosfato (ATP) y a Jens C. Skou por el primer descubrimiento de una enzima de transporte iónico, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> -ATPasa.**



Walker, J. E. (1941-).  
Boyer, P. D. (1918-  
2018). Skou, J. C.  
(1918-2018) Wikipedia.  
Nobel Prize in  
Chemistry, 1997.

Jens C. Skou, John E. Walker y Paul D. Boyer fueron tres científicos que se dedicaron al estudio del mecanismo implicado en la síntesis de ATP. Skou descubrió la Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPasa en 1957. Esta enzima es responsable del transporte de iones sodio y potasio a través de la membrana celular. Este complejo es capaz de emplear la energía del ATP para transportar iones Na<sup>+</sup> al exterior celular e iones K<sup>+</sup> al interior celular. Walker y Boyer trabajaron juntos para elucidar el mecanismo de la obtención de ATP. Descubrieron que la enzima ATP sintasa utiliza la energía del gradiente electroquímico de protones para sintetizar ATP. Todos estos descubrimientos han permitido comprender mejor ciertas funciones celulares. Por estos avances recibieron el premio Nobel en química en 1997 (Boyer et al., 1997).

En cuanto a aplicaciones, estos descubrimientos han permitido desarrollar nuevos medicamentos y tratamientos contra enfermedades y mejorar la producción de alimentos y productos agrícolas modificados genéticamente, gracias a la comprensión, por ejemplo, de los gradientes de sodio en suelos con mucha sal.



Todos los descubrimientos de los premios Nobel de Química del siglo XX tuvieron un profundo impacto en el desarrollo de la sociedad de la época, lo cual permitió que esta se fuera desarrollando hasta la que conocemos actualmente. Algunos de los cambios más destacables en la ciencia de la Biotecnología fueron:

- ❖ **La comprensión de la estructura y función de las biomoléculas.** Los premios Nobel de la rama de ciencias han proporcionado información fundamental sobre la estructura y función de las proteínas, los ácidos nucleicos, los carbohidratos y los lípidos. Este conocimiento ha sido esencial para el desarrollo de nuevas tecnologías biotecnológicas, como las vacunas, los antibióticos, los medicamentos y los biocombustibles.
- ❖ **El desarrollo de técnicas de análisis y manipulación de biomoléculas.** Los premios Nobel en química han contribuido al desarrollo de técnicas de análisis y manipulación de biomoléculas, como la cromatografía, la espectroscopia y la síntesis química. Estas técnicas han sido fundamentales para la investigación biotecnológica y para la aplicación de la biotecnología a la sociedad.

En definitiva, los Premios Nobel de Química del siglo XX han sido fundamentales para el desarrollo de la biotecnología, permitiendo desarrollar nuevas tecnologías que han revolucionado la sociedad y la calidad de vida de las personas.



## **5. Discusión y conclusiones**

En este trabajo fin de máster, me he enfocado en destacar y analizar los Premios Nobel de Química del siglo XX que han tenido una influencia significativa en el campo de la biotecnología. A través de una exhaustiva revisión bibliográfica, he seleccionado aquellos premios que, a mi juicio, no solo representan hitos en la química, sino que también han marcado el comienzo de una nueva era en la biotecnología, permitiendo avances en medicina, agricultura, y otras áreas esenciales para el bienestar humano. A continuación, se discuten los hallazgos, se reconocen las limitaciones del estudio, y se sugieren direcciones para futuras investigaciones.

### **Impacto en la biotecnología**

Mi investigación subraya cómo los beneficiados con el Premio Nobel en Química han sido pioneros en descubrimientos que son piedras angulares de la biotecnología moderna. Desde la síntesis de biomoléculas hasta el entendimiento de mecanismos moleculares en las células, estos científicos han abierto caminos para desarrollar nuevas técnicas y herramientas biotecnológicas. Estos avances han resultado en aplicaciones prácticas revolucionarias que van desde la producción de insulina recombinante hasta la mejora de cultivos agrícolas, evidenciando la intrínseca relación entre la investigación básica en química y sus aplicaciones biotecnológicas. Este TFM destaca la relevancia de los Premios Nobel en Química del siglo XX, enfatizando cómo estos reconocimientos no solo honraron descubrimientos pioneros, sino que también fomentaron avances tecnológicos y científicos, mejorando la calidad de vida globalmente.

### **Limitaciones del estudio**

A pesar de los esfuerzos por cubrir de manera exhaustiva los premios más relevantes, es importante reconocer que la selección de estos está sujeta a un criterio personal que podría omitir contribuciones igualmente valiosas. Además, el estudio se limita a la información disponible en fuentes primarias y secundarias, lo que puede conllevar a una interpretación sesgada del impacto de ciertos descubrimientos. Este trabajo también se centra exclusivamente en el



siglo XX, dejando fuera avances recientes que pueden ser igualmente transformadores para la biotecnología.

### **Recomendaciones para futuras investigaciones**

Dada la constante evolución de la biotecnología, es crucial que futuras investigaciones sigan explorando cómo los descubrimientos químicos se traducen en avances biotecnológicos. Sería particularmente interesante analizar el impacto de los Premios Nobel en Química del siglo XXI, especialmente aquellos relacionados con la biología sintética y la edición genética, para comprender cómo estas nuevas fronteras están remodelando el panorama de la biotecnología. Además, sería valioso realizar estudios más cuantitativos que puedan medir el impacto socioeconómico de estos descubrimientos, proporcionando una comprensión más profunda de su valor para la sociedad.

Por otra parte, sería interesante que las futuras investigaciones realizaran un análisis comparativo comparando el impacto de los Premios Nobel en Química con otros campos, como la Física o la Medicina, para evaluar interdisciplinariedades y sinergias, profundizando en estudios de caso específicos donde los descubrimientos premiados han llevado a innovaciones tecnológicas o medicamentos que transformaron industrias o prácticas médicas.

### **Conclusión**

Como autor de este trabajo, mi objetivo ha sido iluminar la intersección entre la química y la biotecnología a través de la lente de los Premios Nobel, destacando cómo estos reconocimientos han servido no solo como un sello de excelencia científica sino también como catalizadores de innovación y progreso tecnológico. A través de este análisis, espero haber aportado una perspectiva que reconoce la importancia de la investigación química en el desarrollo de soluciones biotecnológicas que afrontan algunos de los retos más significativos de la humanidad. Este estudio subraya la necesidad de continuar explorando el potencial ilimitado de la química para avanzar en el campo de la biotecnología, prometiendo nuevas esperanzas y oportunidades para las futuras generaciones.



## 6. Referencias

- Altman, S., & Cech, T. R. (1989). The discovery of catalytic RNA. *Science*, 245(4916), 1000-1003.
- Anfinsen, C. B., Moore, S., & Stein, W. H. (1959). The nature of the ribonuclease molecule. *Science*, 124, 1439-1442.
- Berg, P., Cohen, S. N., & Boyer, H. W. (1972). Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids *In Vitro*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 69, 2189-2192.
- Boyer, P. D., Walker, J. E., & Skou, J. C. (1997). The ATP synthase: A splendid molecular machine. *Annual Review of Biochemistry*, 66(1), 111-136.
- Brown, T. L., LeMay, H. E., & Bursten, B. E. (2019). *Chemistry: The central science* (13th ed.). Pearson.
- Buchner, E. (1907). Alkoholische Gärung ohne Hefezellen. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 40, 1137-1152.
- Calvin, M. (1961). The path of carbon in photosynthesis. *Science*, 133, 1203-1207.
- Cech, T. R., & Altman, S. (1977). Self-splicing RNA: Autocatalytic cleavage of a 28S ribosomal RNA precursor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(10), 408-412.





- du Vigneaud, V. (1953). The structure of thyroxine. *Science*, 117, 481-482.
- Fischer, H. (1930). Über die Konstitution des Hämoglobins. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 63, 1539-1544.
- Fischer, E. (1897). Über die Fermente der Traubensaftgärung. *Monatshefte für Chemie und Verwandte Teile der Wissenschaften*, 18(1), 350-370.
- Fischer, H. E. (1902). Über die Constitution des Xanthins. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 35, 2685-2700.
- Fischer, H. E. (1902). Über die Constitution der Purinbasen. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 35, 2700-2706.
- Harden, A., & Euler-Chelpin, H. K. (1929). Über die Oxydation des Glycerins in der Gärung. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 62, 2241-2244.
- Haworth, W. N. (1937). The constitution of ascorbic acid. *Nature*, 139, 696-697.
- Klug, A. (1982). The structure of biological macromolecules: Nobel lecture. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 21(7), 688-698.
- Leloir, L. F. (1969). Biosynthesis of oligosaccharides. *Science*, 163, 1269-1276.



- Martin, A. J. P., & Synge, R. L. M. (1941). A new form of chromatography. *Biochemical Journal*, 35, 1358-1368.
- Merrifield, R. B. (1984). Solid-phase peptide synthesis: Nobel lecture. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 23(7), 671-679.
- Mullis, K. B., & Smith, M. (1993). The polymerase chain reaction: Nobel lecture. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 32(7), 689-693.
- National Academy of Sciences. (2022, August 2). Hermann Emil Fischer. National Academies Press.
- Northrop, J. H., & Stanley, W. M. (1939). Crystalline ribonuclease. *Journal of General Physiology*, 22, 499-517.
- Partington, J. R. (1961). *History of chemistry*. Macmillan.
- Real Academia Sueca de Ciencias. (2022, August 2). Nobel Prize in Chemistry. NobelPrize.org.
- Perutz, M. F., & Kendrew, J. C. (1960). Haemoglobin: A three-dimensional Fourier synthesis at 2.8 Å resolution. *Nature*, 216(5110), 165-172.
- Sanger, F. (1955). The amino-acid sequence in the polypeptide chain of insulin. *Nature*, 176, 103-104.
- Todd, A. R. (1955). The structure of the nucleic acids. *Nature*, 175, 768-770.



- Willstätter, R. (1915). Über die Konstitution der Chlorophylle. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 48, 3822-3824.
- Windaus, A. (1928). Über die Konstitution des Cholesterins. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 61, 2003-2023.

