



Facultad Ingeniería Química
Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría
cujae

TRABAJO DEL FÓRUM DE HISTORIA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA 2024



Tema:

**“Contribución de los Ingenieros Químicos al desarrollo de la
Biotecnología en Cuba”**

**“Contribution of Chemical Engineers to the development of
Biotechnology in Cuba”**

Autores:

**Kenny Barroso Amaro Q-21
Fabio Alejandro Cárdenas Rodríguez Q-21**

**Tutor: Dr.C. Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas P.T
Email. beatriz@quimica.cujae.edu.cu**

La Habana, Mayo, 2024



Editar con WPS Office

Resumen

La biotecnología cubana ha experimentado un notable desarrollo en las últimas décadas, convirtiéndose en un sector estratégico para la economía y la sociedad del país. En este proceso, la Ingeniería Química ha desempeñado un papel fundamental, aportando conocimientos, metodologías y tecnologías clave para el avance de la biotecnología. Los ingenieros químicos han contribuido al diseño y la optimización de diversos bioprocesos, al modelado y simulación de sistemas biológicos, al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías, a la integración de procesos y el escalamiento, así como a la formación de recursos humanos especializados.

Palabras Claves: ingenieros químicos, vacunas, biotecnología, Cuba, científicos, tecnología, ciencia, investigación y desarrollo científico.

Abstract

Cuban biotechnology has experienced notable development in recent decades, becoming a strategic sector for the country's economy and society. In this process, Chemical Engineering has played a fundamental role, providing knowledge, methodologies and key technologies for the advancement of biotechnology. Chemical engineers have contributed to the design and optimization of various bioprocesses, to the modeling and simulation of biological systems, to the development of new materials and technologies, to process integration and scaling, as well as to the training of specialized human resources.

Keywords: chemical engineers, vaccines, biotechnology, Cuba, scientists, technology, science, scientific research and development.



Índice

Introducción.....	4
Desarrollo.....	5
Principales áreas de contribución de la ingeniería química a la biotecnología cubana.....	8
Papel de los ingenieros químicos en el diseño y optimización de bioprocesos claves para la producción de biofármacos, vacunas y otros productos biotecnológicos.....	9
Aporte de la Ingeniería Química al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que han impulsado el avance de la biotecnología en Cuba.....	10
La contribución de la Ingeniería Química a la formación de recursos humanos especializados en biotecnología.....	11
Impacto socioeconómico de la biotecnología en Cuba:.....	12
Conclusiones.....	13
Bibliografía.....	14



Introducción

El desarrollo científico y tecnológico fue parte consustancial del programa social inaugurado en Cuba en 1959. Los resultados logrados son fruto de un largo proceso y se apoyan en una estrategia cuyas expresiones prácticas –muy creativas y participativas- se observaron desde inicios de los años '60, sobre todo en la esfera de la educación y la salud, así como del desarrollo tecnológico e industrial.

La dirección de la Revolución cubana percibió tempranamente la importancia de las ciencias como factor de independencia nacional. El 15 de enero de 1960, en el discurso pronunciado por el XX Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba, el comandante en Jefe de la Revolución Cubana Fidel dijo: "El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia, ya que una parte considerable de nuestro pueblo no tenía acceso a la cultura, ni a la ciencia".

La biotecnología ha sido un área estratégica de desarrollo en Cuba desde la década de 1980. En este contexto, los ingenieros químicos han desempeñado un papel crucial en el avance de esta industria a lo largo de los años.

Desde el diseño y optimización de procesos de fermentación a escala industrial, hasta el desarrollo de biorreactores y sistemas de bioprocesos más eficientes, los aportes de los ingenieros químicos han sido fundamentales para impulsar la producción de diversos productos biotecnológicos, como medicamentos, enzimas, biocombustibles y alimentos.

Además, su trabajo en la mejora de cepas microbianas y en la purificación y recuperación de los productos, así como en la implementación de bioprocesos más sostenibles, han contribuido significativamente al fortalecimiento y la consolidación de la biotecnología cubana.

Asimismo, la formación de recursos humanos calificados ha sido otra área en la que los ingenieros químicos han realizado importantes contribuciones, preparando a las nuevas generaciones de biotecnólogos que impulsan el desarrollo de esta industria en el país.

De acuerdo a lo planteado se propone el siguiente Problema científico:

¿Cuál ha sido la contribución específica de la Ingeniería Química al desarrollo y consolidación de la biotecnología cubana a lo largo de su historia?

Y como solución inmediata a este la siguiente Hipótesis

La Ingeniería Química ha realizado aportes significativos y multidimensionales al desarrollo de la biotecnología cubana, desde sus inicios hasta la actualidad, en áreas como el diseño de bioprocesos, el modelado de sistemas biológicos, el desarrollo de nuevas tecnologías y la formación de recursos humanos.



Teniendo este trabajo como objetivos:

Objetivo General:

Evaluar la contribución de la Ingeniería Química al desarrollo histórico de la biotecnología cubana.

En aras de asegurar este objetivo general, se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Identificar las principales áreas de contribución de la Ingeniería Química a la biotecnología cubana.
2. Analizar el papel de los ingenieros químicos en el diseño y optimización de bioprocesos claves para la producción de biofármacos, vacunas y otros productos biotecnológicos.
3. Analizar el aporte de la Ingeniería Química al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que han impulsado el avance de la biotecnología en Cuba.
4. Documentar la contribución de la Ingeniería Química a la formación de recursos humanos especializados en biotecnología.

Metodología

Concurrente con la metodología cualitativa se empleó como técnica principal de recolección de datos, utilizando el método de análisis-síntesis con enfoque interpretativo. Se realizó una revisión de la literatura accesible por la red digital, consultándose un total de artículos, entre periodísticos y científicos, publicados en sitios oficiales cubanos.

Se fundamenta en los principios y metodologías de la Ingeniería Química aplicados al campo de la biotecnología. Esto incluye conceptos y herramientas como el diseño y optimización de bioprocesos, el modelado y simulación de sistemas biológicos, el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías, y la integración de procesos a escala industrial. Además, se considerará el contexto histórico y el desarrollo de la biotecnología en Cuba, así como el papel desempeñado por la Ingeniería Química en este proceso.



Desarrollo

1. Antecedentes

La Ingeniería Bioquímica, fue el antecedente de la Biotecnología en Cuba. Entre 1940 y 1959 la Bioingeniería ya se aplicaba formalmente en investigaciones científicas internacionales; acá destacaba (1959/1960) el actual Instituto Cubano de Investigaciones en Derivados de Caña de Azúcar (ICIDCA). La Ingeniería Química no incluía formación para escalado industrial de nuevos procesos biológicos, hasta que la Universidad de La Habana (1960/61) creó la especialización Ingeniería Bioquímica que, después, evolucionó a ser carrera; primero fue Ingeniería de Alimentos (1973) y posteriormente Tecnología de Producciones Bioquímicas y Alimentarias (1982) en el Instituto Superior Politécnico (CUJAE). Con ambicioso plan inversionista, entre 1970 y 1989 Cuba desarrolló nuevas industrias que incluyeron las fermentativas, alimentarias y farmacéuticas. En 1987 se reestructuró una nueva Ingeniería Química integral y de perfil amplio, enfocada también a la bioingeniería; el perfeccionamiento de 1990 implicó mayor revolución metodológica con la nueva Disciplina Integradora Ingeniería de Procesos, aunque sin modificar la integralidad químico-bioquímica basada en los antecedentes de la década de 1960. Los ingenieros químicos actuales son competentes por igual para las industrias bioquímico-biotecnológicas y las químicas tradicionales.

Las ciencias e industrias biotecnológica y biofarmacéutica, cuyos centros de investigación-producción se expandieron por todo el país (en Villa Clara, Sancti Spíritus, Camagüey, Mayabeque entre otras) y en algunas universidades, han tenido avances sostenidos desde 1985 con logros genuinamente cubanos para la salud y de elevados impactos nacionales e internacionales; eso ha incluido transferencia tecnológica y empresas mixtas en Irán, China, España. También hay logros significativos en otros ámbitos socio-económicos del país: vacuna contra la garrapata, biotecnología de las plantas, biofertilizantes, bioplaguicidas, clones de vegetales, vitro-plantas para mejorar cultivos y otros.

Pero mucho antes de las novedosas biotecnologías e ingeniería genética (técnicas bioquímico-microbiológicas, al fin) ya existían procesos-productos de la bioingeniería que pudieran identificarse como “biotecnologías tradicionales” y también en Cuba: vinos y jugos fermentados, cervezas, quesos, vegetales encurtidos, levaduras, leches fermentadas, antibióticos, alcohol y bebidas alcohólicas, tratamiento biológico de residuales. Además de especialistas semi-empíricos (maestros queseros, cerveceros, roneros) y otros, a esos procesos-productos biotecnológicos los ingenieros químicos se han vinculado en alguna medida.

2. Los inicios

“El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia”
Fidel Castro Ruz, 15 de enero de 1960



Con esta frase célebre nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro, reconoció desde temprano el potencial científico para el avance de la ciencia, y en particular de la biotecnología, como una herramienta para el desarrollo económico y social de Cuba. Debido a la política asfixiante del imperialismo en todos los aspectos económico, político, social, militar y cultural, y que la mayor de las Antillas carece de recursos naturales y materiales de gran valor económico, es necesario bazar el desarrollo del país, en el conocimiento de la ciencia, y ese sería nuestro lugar en el mundo.

En los inicios, el Comandante en Jefe consultó con las figuras representativas de la ciencia cubana para este proyecto, muchos tildaron de imposible la acción, pero se llevó a cabo con el apoyo de poco personal, entre ellos los doctores Agustín Lage Dávila (Director del CIM durante 25 años) y Manuel Limonta Vidal (Director y fundador del CIGB), quienes acumularon experiencia, al igual que otros científicos, en viajes de capacitación y ayuda en la URSS y otros países e instituciones foráneas para crear una base adecuada y competitiva para la época en este sector. A pesar de las propias carencias materiales y tecnológicas, con un venidero periodo crítico para la política, economía y sociedad cubana que fue el Periodo Especial en Tiempos de Paz y un arreciamiento de la política norteamericana contra nuestro país, Fidel prevé que la ciencia será un pilar fundamental que permitirá rebasar este obstáculo que atraviesa la Revolución. Sus visitas continuas a los nuevos centros proveen de rigor a los productos obtenidos y revelan la importancia que el comandante veía en este sector.

En la década de 1960

En los años sesenta se crearon también los principales centros de investigación del país, entre ellos, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), dedicado a las investigaciones en el campo de la química, biología, bioquímica, con la participación de físicos, matemáticos, médicos e ingenieros mecánicos, entre otros. En el CNIC, creado el 1ro de julio de 1965, y pronto vinculado a la Universidad de La Habana, se formarían los científicos que hoy dirigen e integran los centros de investigación-producción de la biotecnología, la ingeniería genética y la industria farmacéutica.

En la década de 1980:

1. En 1981 se creó el “Frente Biológico” para fortalecer y coordinar el trabajo y la investigación de diferentes instituciones en la biotecnología; en enero de 1982, se crea por el Comandante en Jefe Fidel Castro, el Centro de Investigaciones Biológicas un pequeño laboratorio con 30 científicos encargados de la producción de Interferón, objetivo logrado en sólo 42 días.

2. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) (1ro de julio de 1986):

- Se creó con instalaciones y equipamiento de última generación y sobre todo con un grupo de jóvenes científicos capacitados y altamente motivados. Se estableció con el objetivo de



impulsar la investigación y la aplicación de la biotecnología en el país. Junto con el Interferón Alfa 2B recombinante (Heberon Alfa R), el CIGB ha desarrollado una amplia gama de productos biotecnológicos, como la vacuna contra la hepatitis A (Havavax), la vacuna terapéutica contra el cáncer de próstata (Provimax), y el factor de crecimiento epidérmico recombinante humano para el tratamiento de úlceras del pie diabético (Heberprot-P). y de la Estreptoquinasa recombinante; una variada nomenclatura de anticuerpos monoclonales, y de preparados radiactivos para el diagnóstico médico y la investigación.

En la década de 1990:

Existían en todo el país quince polos científico-productivos, que aglutinaban 455 instituciones, entidades y grupos de trabajo. En ellos trabajaban 23 743 personas, de ellos 10 223 (el 43 por ciento) universitarios y 5932 técnicos medios; aproximadamente la mitad (11 437) del potencial humano de los polos son mujeres. Entre estos centros se destacan:

1. Instituto Finlay de Vacunas (1991):

- Además de la vacuna contra la meningitis B (VA-MENGOC-BC), el Instituto Finlay ha desarrollado otras vacunas importantes, como la vacuna pentavalente contra difteria, tétanos, tosferina, hepatitis B y Haemophilus influenzae tipo b (Quintetín).

2. Centro Nacional de Biopreparados (BioCen) (1992):

- Además de la vacuna contra la Hepatitis B (Heberbiovac HB), BioCen ha desarrollado la vacuna contra la leptospirosis (Leptospira Vaccine), la vacuna contra la hepatitis A (Vaxelis), y la vacuna contra el tétanos y la difteria (TdVac). Sobresalen la creación de cepas para la inmunización contra el cólera, la obtención de una vacuna contra el dengue, el programa de investigaciones para el desarrollo de vacunas contra la Hepatitis C.

3. Centro de Inmunología Molecular (CIM) (1994):

En el medio del gran impulso de la ciencia surge el Centro de Inmunológica Molecular. Tiene su antecedente en las investigaciones que realizaban en el Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (INOR), en la provincia de La Habana

- Además de Nimotuzumab (Theraloc), un anticuerpo monoclonal utilizado para el tratamiento de tumores, el CIM ha desarrollado otros productos como la vacuna terapéutica contra el cáncer de pulmón (CIMAvax-EGF).

4. Centro de Inmunoensayos (CIE) (1999):

- Además del kit de detección de embarazo (Beta-Human Chorionic Gonadotropin), el CIE ha desarrollado pruebas diagnósticas para enfermedades como el VIH/SIDA, la hepatitis C y el dengue.

A comienzos de siglo XXI:

1. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) (2002):

- Además de la vacuna contra la peste porcina clásica (Porcilis Pesti), el CENSA ha



desarrollado vacunas y productos para el control de enfermedades en animales, como la vacuna contra la fiebre aftosa y la vacuna contra la enfermedad de Newcastle en aves.

Esfuerzo todo hoy concertado en una industria Biotecnológica, con más de 20 mil trabajadores, 61 facilidades productivas por todo el país, y que exporta a 53 países, son el saldo de 30 años de trabajo ininterrumpido, que conforman a partir del 2012 a BioCubaFarma, un ente de carácter económico – empresarial a favor de la salud del pueblo y con un alto estándar de calidad y prestigio a nivel internacional.

3. Principales áreas de contribución de la ingeniería química a la biotecnología cubana

La ingeniería química ha realizado importantes contribuciones al desarrollo de la biotecnología cubana en varias áreas clave:

1. Procesos de fermentación y bioprocesos.
2. Purificación y recuperación de productos.
3. Desarrollo de biorreactores y equipos de bioprocesos.
4. Modelado y simulación de bioprocesos.
5. Desarrollo de nuevos materiales y tecnologías.
6. Integración de procesos y optimización de sistemas.

4. Papel de los ingenieros químicos en el diseño y optimización de bioprocesos claves para la producción de biofármacos, vacunas y otros productos biotecnológicos

Los ingenieros, especialmente los ingenieros químicos, han desempeñado un papel crucial en el diseño y optimización y escalado de procesos de fermentación para la producción de diversos productos biotecnológicos, como medicamentos, enzimas, para la producción de biofármacos, vacunas y otros productos biotecnológicos en Cuba. La ingeniería química ha aportado métodos y tecnologías para la purificación y recuperación eficiente de moléculas y biomoléculas de interés, como proteínas, ácidos nucleicos y metabolitos, a partir de sistemas biológicos complejos.

Algunas de las principales contribuciones de los ingenieros en este ámbito incluyen:

1. Diseño de biorreactores y sistemas de fermentación:
 - Los ingenieros han diseñado y optimizado biorreactores y otros equipos de bioprocesos como sistemas de fermentación, para lograr condiciones óptimas de crecimiento y producción de microorganismos, células animales o vegetales.
 - Han incorporado tecnologías avanzadas de monitoreo, control y automatización para mejorar la eficiencia y reproducibilidad de los procesos., como sistemas de aireación,



agitación y control, para mejorar el rendimiento y la productividad de los procesos biotecnológicos.

2. Optimización de procesos de upstream y downstream:

- En la etapa de upstream, los ingenieros han trabajado en la optimización de medios de cultivo, condiciones de cultivo, estrategias de alimentación y otras variables para maximizar el rendimiento y la productividad.
- En la etapa de downstream, han desarrollado y optimizado procesos de purificación, concentración y formulación de los productos biotecnológicos, utilizando técnicas como cromatografía, filtración, precipitación, entre otras.

3. Escalado y transferencia de tecnología:

- Los ingenieros han sido fundamentales en el escalado de los procesos, llevando los desarrollos de laboratorio a escala piloto y de producción, manteniendo la eficiencia y calidad de los productos.
- Han facilitado la transferencia de tecnología y conocimientos entre centros de investigación, plantas piloto y plantas de producción a escala industrial.

4. Modelado y simulación de bioprocesos:

- Mediante el uso de herramientas de modelado y simulación, los ingenieros han logrado predecir el comportamiento de los sistemas biológicos, optimizar las condiciones de operación y reducir los tiempos y costos de desarrollo. La aplicación de herramientas de modelado y simulación por parte de los ingenieros químicos ha permitido predecir y optimizar el comportamiento de los sistemas biológicos, lo que ha contribuido al desarrollo y mejora de los procesos biotecnológicos.

5. Integración de procesos y mejora continua:

- La visión sistémica y de integración de procesos que caracteriza a la ingeniería química ha sido clave para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad de los sistemas biotecnológicos en Cuba. Los ingenieros han aplicado enfoques de ingeniería de sistemas para integrar y optimizar los diferentes pasos de los bioprocesos, logrando mayor eficiencia y productividad.
- Han implementado estrategias de mejora continua, utilizando herramientas de análisis de datos, gestión de la calidad y optimización de procesos.

5. Aporte de la Ingeniería Química al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que han impulsado el avance de la biotecnología en Cuba.

La ingeniería química ha realizado importantes contribuciones al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que han impulsado el avance de la biotecnología en Cuba. Algunas de las principales aportaciones de la ingeniería química en este ámbito incluyen:

1. Desarrollo de nuevos materiales:

- Los ingenieros químicos han participado en la investigación y desarrollo de nuevos polímeros, membranas, sensores, hidrogeles y otros materiales con propiedades



específicas para aplicaciones biotecnológicas.

- Estos materiales han sido utilizados en la fabricación de biorreactores, sistemas de purificación, biosensores y otros dispositivos biotecnológicos.

2. Diseño de sistemas de purificación y recuperación:

- Los ingenieros químicos han diseñado y optimizado sistemas de purificación y recuperación de biomoléculas, como cromatografía, filtración, precipitación y extracción, para mejorar la eficiencia y calidad de los productos biotecnológicos.

- Han incorporado tecnologías de membranas, resinas de intercambio iónico y otros materiales avanzados en estos sistemas de purificación.

3. Desarrollo de biosensores y sistemas de monitoreo:

- Los ingenieros químicos han participado en el diseño y fabricación de biosensores y sistemas de monitoreo en línea para el control y optimización de los bioprocesos.

- Estos dispositivos han permitido una mejor comprensión y control de los parámetros clave en la producción de biofármacos, vacunas y otros productos biotecnológicos.

4. Innovación en biorreactores y equipos de bioprocesos:

- Los ingenieros químicos han desarrollado diseños innovadores de biorreactores, sistemas de aireación, agitación y control, que han mejorado el rendimiento y la productividad de los bioprocesos.

- Han incorporado tecnologías avanzadas, como sensores, sistemas de automatización y control, para optimizar el funcionamiento de estos equipos.

5. Integración de procesos y sistemas:

- Los ingenieros químicos han aplicado enfoques de ingeniería de sistemas para integrar los diferentes pasos de los bioprocesos, desde la fermentación hasta la purificación y formulación final.

- Esto ha permitido mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad de los sistemas biotecnológicos en Cuba.

6. La contribución de la Ingeniería Química a la formación de recursos humanos especializados en biotecnología

La ingeniería química ha desempeñado un papel crucial en la formación de recursos humanos especializados en biotecnología en Cuba. Algunas de las principales contribuciones de la ingeniería química en este ámbito incluyen:

1. Programas de educación y capacitación:

- Los departamentos de ingeniería química en las universidades cubanas han desarrollado asignaturas de pregrado en biotecnología, que integran conocimientos de ingeniería, biología, química y otras disciplinas relevantes.



- Estos programas han formado a generaciones de ingenieros químicos con sólidos conocimientos y habilidades en el diseño, optimización y escalado de bioprocesos.

2. Investigación y desarrollo:

- Los ingenieros químicos han liderado y participado en proyectos de investigación y desarrollo en el campo de la biotecnología, abordando desafíos relacionados con el diseño de biorreactores, purificación de biomoléculas, modelado de procesos, entre otros.
- Esta experiencia en investigación ha permitido la formación de jóvenes investigadores y la transferencia de conocimientos a la industria biotecnológica.

3. Colaboración con la industria:

- Los ingenieros químicos han establecido estrechas colaboraciones con empresas y centros de investigación biotecnológica, participando en proyectos de desarrollo, escalado y transferencia de tecnología.
- Esta interacción ha permitido la capacitación y el entrenamiento de personal técnico y de ingeniería en entornos industriales, fortaleciendo sus habilidades prácticas.

4. Programas de capacitación y actualización:

- Los departamentos de ingeniería química han organizado programas de capacitación, cursos de actualización y talleres dirigidos a profesionales de la industria biotecnológica.
- Estos programas han permitido mantener actualizados los conocimientos y habilidades del personal técnico y de ingeniería en temas emergentes y avances en biotecnología.
- En la Facultad de Ingeniería Química de la CUJAE se desarrolla la Maestría en Procesos Biotecnológicos y el programa doctoral de Ingeniería Química con perfil biotecnológico.

5. Asesoría y consultoría:

- Los ingenieros químicos con experiencia en biotecnología han brindado asesoría y consultoría a empresas y centros de investigación, contribuyendo a la resolución de problemas técnicos y al desarrollo de nuevos proyectos.
- Esta interacción ha facilitado la transferencia de conocimientos y el fortalecimiento de las capacidades del personal técnico y de ingeniería en la industria biotecnológica.

7. Impacto socioeconómico de la biotecnología en Cuba

El sector biotecnológico cubano ha traído grandes resultados tanto en la esfera económica como en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos de nuestro país y foráneos:

- **Mejora de la salud pública:** Las vacunas y medicamentos biotecnológicos desarrollados en Cuba han mejorado la salud de la población cubana, reduciendo la incidencia de enfermedades y mejorando la calidad de vida de los ciudadanos. La evidencia actual está en las vacunas creadas en tiempo récord por nuestras instituciones contra el virus del SARS-CoV-2 como son: Soberana-01, Soberana-02, Soberana Plus, Abdala, entre otros productos complementarios.



- **Generación de empleo y exportaciones:** La biotecnología ha generado empleo en Cuba, a través de la investigación, el desarrollo y la producción de vacunas y medicamentos con estrecha relación del carácter de ciclo cerrado de las empresas, que se autofinancian y abastecen de materias primas, lo que conlleva a la necesidad de contratar trabajadores en todos los procesos. Además, la exportación de productos biotecnológicos ha generado ingresos para el país, destinándose incluso al desarrollo de otras esferas económicas y sociales.

- **Reconocimiento internacional:** Los avances en biotecnología han posicionado a Cuba como un referente a nivel mundial en este campo, que gracias a la visión de Fidel, se encuentra entre potencias del primer mundo. La colaboración con otros países y la participación en conferencias y eventos científicos han incrementado la visibilidad y el reconocimiento de Cuba en la comunidad científica internacional.

Conclusiones

1. La ingeniería química ha sido un pilar fundamental en el desarrollo y fortalecimiento de la biotecnología cubana, aportando soluciones innovadoras y contribuyendo al



avance de esta importante área científica y tecnológica en el país.

2. El papel de los ingenieros, especialmente los ingenieros químicos, ha sido fundamental en el diseño, optimización y escalado de bioprocesos clave para la producción de biofármacos, vacunas y otros productos biotecnológicos en Cuba, contribuyendo al desarrollo y fortalecimiento de esta importante industria.
3. La ingeniería química ha realizado contribuciones fundamentales al desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que han impulsado de manera significativa el avance de la biotecnología en Cuba, fortaleciendo su capacidad de producción de biofármacos, vacunas y otros productos de alto valor agregado.
4. La ingeniería química ha desempeñado un papel fundamental en la formación de recursos humanos especializados en biotecnología en Cuba, a través de programas educativos, investigación y desarrollo, colaboración con la industria y programas de capacitación y actualización. Esto ha contribuido al fortalecimiento de las capacidades técnicas y de ingeniería en el sector biotecnológico cubano.

Bibliografía

1. Ramón MC. Revolución en 60: ¿Cómo Cuba se convirtió en una potencia mundial de



Editar con WPS Office

- la Biotecnología? Especiales, Ciencia y Tecnología. Cubadebate. 2019.
Disponible en: <https://www.cubadebate.cu/especiales/2019/01/15/como-cuba-se-convirtió-en-potencia-mundial-de-la-biotecnologia/>.
2. Nuñez J, Figueroa G. Biotecnología y Sociedad en Cuba: el caso del Centro de Inmunología Molecular. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad. 2014. Disponible en: https://papers.ssm.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3528456.
 3. Elizalde RM, Francisco I. Agustín Lage: Fidel es la inmediatez del futuro. Noticias, Ciencia y Tecnología. Cubadebate. 2016. Disponible en: <https://www.cubadebate.cu/noticias/2016/08/08/agustin-lage-fidel-es-la-inmediatez-del-futuro-podcast-y-video>.
 4. Morán Valdivia R. El Desarrollo de la Biotecnología en Cuba ha ocurrido a la par que su desarrollo en el mundo, 2008. Disponible en: <https://revistas.reduc.edu/index.php/monteverdia/article/view>
 5. Díaz Abreu J.A. La Ingeniería Bioquímica un antecedente precursor de la actual Biotecnología en Cuba. Tecnología Química vol. 41, no.1, Santiago de Cuba, enero-abril 2021, ISSN 2224-6185.
 6. Majoli Viani M. Ciencia y desarrollo en Cuba: aspectos del desarrollo científico y tecnológico cubano (1959-1999) [en línea] La Habana [consultado: 16 Jun 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/cub/dmdocuments/BIOMajoliM.pdf>.
 7. Fidel soldado de las ideas [sede web]. La Habana: Círculo de Periodistas Cubanos contra el Terrorismo; 2020 [actualizado 12 de julio del 2017; acceso 10 de junio de 2021]. Por: Giselle Vichot Castillo, "Biotecnología cubana, orgullo de nación". Disponible en: <http://www.fidelcastro.cu/es/articulos/biotecnologia-cubana-orgullo-de-nacion>
 8. Díaz Abreu J.A. La Ingeniería Bioquímica un antecedente precursor de la actual Biotecnología en Cuba. Tecnología Química vol. 41, no.1, Santiago de Cuba, enero-abril 2021, ISSN 2224-6185
 9. Centro Nacional de Investigación Científica [sede web]. La Habana: Centro Nacional de Investigación Científica; 2020 [actualizado 10 de junio del 2021; acceso 10 de junio de 2021]. Sobre Nosotros. Disponible en: <https://www.cnic.cu/es/sobre-nosotros>
 10. Vargas Rodríguez A.R. Repercusión del desarrollo de la biotecnología para la Salud Pública en Cuba Rev Hum Med vol.14 no.1 Ciudad de Camaguey ene.-abr. 2014, ISSN 1727-8120
 11. <https://www.granma.cu/cuba/2020-10-11/interferon-alfa-2b-demuestra-seguridad-y-eficacia-en-pacientes-cubanos-con-hemodialisis-11-10-2020-09-10-55>
 12. Victoria [sede web]. Nueva Gerona: Comité del Partido de la Isla de la Juventud; 2021 [actualizado 15 de agosto del 2019; acceso 10 de junio de 2021]. Cuatro científicos cubanos recuerdan a Fidel y su estrecha vinculación con la ciencia. Disponible en: <http://www.periodicovictoria.cu/cuatro-cientificos-cubanos-recuerdan-a-fidel-y-su-estrecha-vinculacion-con-la-ciencia/>
 13. Piedra P, Suárez G. De Cuba para el mundo, vacunas contra el cáncer. [Internet]. 2013 [citado 28 Ene 2013]: [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <http://www.marcha.org.ar/1/index.php/elmundo/103-cuba/2901-de-cuba-para-el-mundo-vacunas-contra-el-cancer>
 14. <https://misiones.cubaminrex.cu/es/articulo/centro-de-inmunoensayo-33-anos-en-el-rastreo-de-enfermedades-en-cuba>.



Anexos



Editar con WPS Office