

La Ingeniería Bioquímica: un antecedente precursor de la actual Biotecnología en Cuba

Biochemical Engineering: a precursory antecedent of the present
Biotechnology in Cuba

Julio A. Díaz -Abreu^{1*} [https:// 0000-0002-2907-2978](https://0000-0002-2907-2978)

Aldo Hernández-Monzón²[https://:0000-0002-6522-5388](https://0000-0002-6522-5388)

¹Facultad de Turismo. Universidad de La Habana. La Habana. Cuba

²Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. La Habana. Cuba

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: jadiaz46@gmail.com

RESUMEN

Para describir la Ingeniería Bioquímica, incluyendo surgimiento y desarrollo de sus estudios universitarios, como antecedente de la Biotecnología en Cuba, se realizó revisión bibliográfica y entrevistas a profesores y especialistas participantes o testigos del proceso. 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. También el postgrado se desarrolló, con maestrías nuevas o fortalecidas; por la CUJAE en: Ingeniería Ambiental, Ingeniería Alimentaria (con colaboración del Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria) e Ingeniería de los Procesos Biotecnológicos (con personal e instalaciones del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología).

Palabras clave: bioingeniería; especialización; ingeniería bioquímica; ingeniería química integral.

ABSTRACT

In order to describe the Biochemical Engineering, including its university studies creation and development, as precursory antecedent of the Biotechnology in Cuba, it was done a bibliographic research and interviews to teachers and specialists participants or witness in that process. Within 1940 to 1959, the Bioengineering was already applied formally in international scientific researches; here was outstanding (1959/1960) the Cuban Institute for Research in Sugar cane Derivates (ICIDCA). Then in Chemical Engineering was didn't include a formation for industrial scale up of new biologic processes, until the Havana University creates the specialization in Biochemical Engineering. (1960/61) which, later, was developed into career; first it was Food Engineering (1973) and then Biochemical and Food Productions Technology (1982). With an ambitious investment plan, from 1970 to 1989 Cuba developed new industrial enterprises including the fermentative, food and pharmaceutical ones. A new integral Chemical Engineering with wider profile was restructured in 1987 focused also to bioengineering; the study Plan improvement, in 1990, implied a higher methodological "revolution" with the new Integrating Discipline "Process Engineering", but without modification of the chemical-biochemical integrality based on the antecedents of the 1960 decade. The actual chemical engineers are equally competent for the traditional chemical industries and the biochemical-biotechnological ones. The postgraduate level as master programs was also developed and improved; in CUJAE are in: Environment Engineering, Food Engineering (with collaboration of the Research

Institute of the Food Industry) and Biotechnological Processes Engineering (with personnel and installations of the Biotechnology and Genetic Engineering Center).

Keywords: bioengineering; biochemical engineering; specialization; integral chemical engineering.

Recibido: 20/04/2020

Aceptado: 15/08/2020

Introducción

No pocos especialistas que trabajan en entidades biofarmacéuticas y biotecnológicas cubanas, tanto en investigación y desarrollo como en gestión y realización de las novedosas producciones comerciales, son ingenieros químicos (ing. quím.); así se constata en el Polo Científico de La Habana, algunos directivos y líderes en estas también lo son y un ejemplo es el actual Director del Centro de Inmunología Molecular (CIM), E. Ojito, graduado en la década de 1990 y además es hijo de un destacado profesor de Ingeniería Bioquímica en Cuba (Instituto de Farmacia y Alimentos o IFAL-UH, Ciudad Universitaria José A. Echeverría o CUJAE) y en Etiopía, lamentablemente ya fallecido. Casi al mismo tiempo que emergía la Biotecnología moderna en un reducido grupo de naciones de mayor desarrollo tecnológico, por los años 70 y 80 del pasado siglo, Cuba también apostó por incursionar en ese promisorio sector y estableció un modelo propio de ciencia e innovación con resultados reconocidos en el mundo.

Aparte de la obtención temprana de **Interferones**, el primer gran éxito de la naciente biotecnología cubana, fue la vacuna Antimeningocócica BC, primera de su tipo a nivel mundial y que en Cuba detuvo una epidemia de esta enfermedad (meningitis tipo B) en la década de 1980. ^{(1, 2).}

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. Sin embargo, los métodos usuales de que disponía el Ingeniero Químico no le permitían convertir los nuevos procesos biológicos del laboratorio a la escala de producción industrial; así se considera también la industria sintética de productos alimenticios o complementos dietéticos por vía fermentativa, para lo cual se requerían ingenieros con preparación en Bioquímica y Microbiología.^(3, 4)

Mas contemporáneo, Romero⁽⁵⁾ resaltó lo importante y característico de la carrera con una panorámica de cómo la Ingeniería Química (I. Q.) extendida a especialidades afines, como Ingeniería Aeroespacial, Ingeniería Nuclear, Bioingeniería/Ingeniería Biomédica, Ingeniería Cerámica, contribuyó a los enormes avances científico-tecnológicos del siglo XX.

Los ingenieros químicos cubanos de las últimas décadas, que pudieran calificarse de ¿nuevo tipo?, están aptos también para ese sector socio-económico ya preponderante del país: las biotecnologías. Precisamente Fernández-Polanco⁽⁶⁾ se refirió al calificativo “nuevo”, afirmando: En 1992 la Universidad de Valladolid fue la primera en implantar en España los entonces “nuevos” estudios de Ingeniería Química. Pero antes, en la década de los 80, en las universidades cubanas ocurrió una transformación similar como se expondrá más adelante sin ese apelativo. Entonces, convendría preguntarse ¿cuándo, cómo y dónde comenzó, en Cuba, la formación de personal de las Ciencias Técnicas específicamente para esa industria bioquímica ya existente y para el posible desarrollo de nuevas biotecnologías?. Respondiendo esas interrogantes el objetivo del trabajo es describir la Ingeniería Bioquímica, así como el surgimiento

y desarrollo de sus estudios universitarios, como un antecedente precursor de la actual Biotecnología en Cuba.

Métodos utilizados

Para la ejecución del estudio se realizó una revisión bibliográfica, incluyendo algunos libros de texto y otros documentos relacionados con el tema, mayoritariamente del pasado siglo. No obstante, además de las propias vivencias del autor, la fuente y fundamentación principal ha sido el invaluable aporte mediante entrevista personal de algunos especialistas y profesores directamente vinculados o que fueron testigos de los inicios, el desarrollo y la transformación de la Ingeniería Bioquímica en Cuba.

Resultados y su discusión

La Ingeniería Química de las primeras décadas del siglo XX, como se desarrolló principalmente en Norteamérica, estaba enfocada principalmente a la industria petrolera y otras de la química clásica (Minero-metalúrgica, Jabonería-Perfumería, Gases industriales). Estructuralmente partía ya de las generalizadoras “Operaciones Unitarias”, sustentándose en los Fenómenos de Transporte (de fluidos, calor y masa), Balances de masa y energía, Termodinámica y, por supuesto, las Químicas, Físicas y Matemáticas; sin embargo, nada relacionado con fenómenos bioquímico-microbiológicos (*Saccharomyces cerevisiae*). En relación con las Ciencias Básicas para la carrera, se resalta⁽⁵⁾ la imposibilidad de hablar de Ingeniería Química sin “...las matemáticas como soporte fundamental de desarrollo y resolución de problemas...” técnicos. Algunos textos “clásicos” de autores estadounidenses han sido famosos y muy utilizados en la carrera, como: el Hougen, Watson y Ragatz (Balances de materiales y energía), el Bennett y Myers (Fluidos), el Kern (Calor), el Treybal (Masa), el Glasstone (Termodinámica), el Levenspiel (Reactores Químicos), el Perry (Manual del Ingeniería Química), el Peters (Diseño de Plantas).

En Cuba, la más que bicentenaria Universidad de La Habana (UH) no formaba ingenieros químicos ni industriales hasta 1960 y, aparte del Licenciado Químico, para esa esfera técnico-productiva lo que se formaba era el “Perito Químico Azucarero” (P.Q.A) de la Escuela de Agronomía, radicada en la Quinta de Los

Molinos (antigua vivienda del Generalísimo Máximo Gómez). La carrera se creó primero en la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba en 1947 como Ingeniería Química Industrial, poco después ya Ingeniería Química, ⁽⁷⁾ a continuación, en la década de 1950, igualmente la Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu” en Santa Clara la incluyó entre sus Planes de Estudio. En La Habana también por esos años hubo unos inicios de la Ingeniería Química, pero no en la “pública” Universidad de La Habana, sino en la particular y exclusiva Universidad Católica de Villanueva radicada en el antiguo reparto Biltmore (actualmente “Flores”), cerca de Playa Marianao; en ese Centro estudió el destacado y eminente profesor de Diseño de Plantas e Ingeniería de Procesos, de la CUJAE y del país, Enrique Brizuela.

Poco después del comienzo de la Revolución cubana (1959) y ya puesta en marcha la esperada Reforma Universitaria, se decidió crear en la UH la nueva Facultad de Tecnología en la antigua Escuela de Ingeniería y Arquitectura (edificio radicado en “la Colina”, entre el Hospital Calixto García y el Estadio Universitario). El primer Decano de esa Facultad fue el eminente profesor de Ing. Hidráulica Diosdado Pérez Franco, años después “Dr. Honoris Causa” y Profesor “Emérito” del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE); se ampliaba el “surtido” de ofertas de carreras de ingeniería. Así en 1960, con la experiencia de las otras dos universidades nacionales, y a partir del mencionado Perito Q.A., la UH estructuró su Plan de Ingeniería Química; el primer director de la nueva escuela fue el destacado especialista Ing. Carlos de Armas, años después Dr. C. del ICIDCA. La carrera se inició en la propia Quinta de Los Molinos con un reducido grupo de estudiantes que egresaron en 1966, como los primeros ingenieros químicos de la nueva Facultad de la UH. En ese diseño curricular habanero hubo también otra singularidad o novedad, al inaugurarse, con ese mismo grupo, un plan de especialización para las producciones fermentativas y alimentarias.^(8, 9) De esta se realizó, asimismo, una prueba temporal de extensión territorial en la Universidad Central de Las Villas “Marta Abreu”.

Ingeniería Bioquímica e Ingeniería Alimentaria

En el actual Instituto Cubano de Investigaciones y Desarrollo de la Caña de Azúcar (ICIDCA), desde antes de aquellos inicios académicos de la carrera “habanera”, se habían comenzado experiencias científico-técnicas para

diversificar y utilizar más la melaza azucarera y también sobre microbiología aplicada para obtener por fermentación el cultivo ‘madre’ requerido para producir “levadura panadera” que, aún en esa época, se importaba desde Estados Unidos, En la planta de San Antonio de Los Baños sólo se producía la *Sacharomices cereviciae*, con tecnología igualmente de EE.UU. Entonces se investigaba también allí la producción de levadura forrajera *Torula*,^(8, 9) mediante la ya formalizada bioingeniería.

El panorama científico-técnico internacional relacionado con la temática, en años previos a 1960, se puede caracterizar brevemente como:

- 1) Marcada tendencia al desarrollo de la Microbiología Industrial, aplicada principalmente en lo alimentario ^(10,11,12,13,14,15,16,17)
- 2) Cierta tendencia ya en desarrollar y aplicar procesos fermentativos, para productos bioquímicos, vitaminas, cultivos microbianos, enzimas y otros ^{(11-17, 18, 19,20,21).}

Eso fundamentó la creación del plan de preparación optativo de **ingenieros bioquímicos**, con tres asignaturas adicionales y una sustituida dentro de la Ingeniería Química:

A) Cuarto año (básicas específicas): Bioquímica; Microbiología.

B) Quinto año (ejercicio profesional): Operaciones de Ingeniería. Bioquímica; Ingeniería de las Reacciones Fermentativas (en lugar de Ingeniería de las Reacciones. Químicas).

El líder, Santamarina ^(4, 22), resaltó el hecho de que ese plan lo haya “...emprendido la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de La Habana.”. Para comenzar, en Bioquímica (general) se utilizó el mismo texto empleado en las carreras de Medicina y Biología, el Carlson; los demás que se fueron usando, tanto al inicio como después de 1967, se listan en la tabla 1.

Tabla 1- Textos utilizados en la especialización en Ingeniería Bioquímica

Autores	Año	Título	Editorial	Asignatura
Al inicio				
Prescott, S.. and C. Dunn	1949	Industrial Microbiology	McGraw-Hill Book Company Inc	Microbiología
Webb, F. C	1964	Biochemical Engineering	Van Nostrand Reinhold,	Ingeniería de las Reacciones de las Fermentativas
Loncín, M. y J. Carballo	1965	Ingeniería Alimentaria	Dosat	Operaciones de Ingeniería Bioquímica
Después de 1967				
Aiba, S.; A.. Humphrey and N. Millis	1965	Biochemical Engineering	Academic Press	Ingeniería de las Reacciones de las Fermentativas
Blakebrough, N	1965	Biochemical and Biological Engineering Science. Part I y II	Academic Press	Ingeniería de las Reacciones de las Fermentativas y Operaciones de Ingeniería Bioquímica
Brennan, J. G. et al.	1968	Food Engineering Operations	Elsevier Ap. Sci	Operaciones de Ingeniería Bioquímica y Alimentos
Lehninger, A.	1972	Bioquímica	Omega	Bioquímica

Desde 1964, con ese mismo primer grupo, “...ya se comenzaron prácticas de laboratorio con técnicos docentes propios, pero en instalaciones de otras áreas de la UH (p. ej. Farmacia-Bioquímica) y en la nacionalizada Universidad de Villanueva.”^(8,9) Asimismo, se lograron, prácticas pre-profesionales o “laborales” por unas tres a cuatro semanas, en empresas de cárnicos, lácteos, vinos-vinagre, cervezas, mataderos entre otras del Ministerio de la Industria Alimentaria.

A partir de 1965 la Facultad de Tecnología pasó definitivamente a la Ciudad Universitaria José A. Echeverría (CUJAE), montándose allí los laboratorios de cada escuela. En la de Ingeniería Química se contó con el llamado “Plan Stándhal” y donaciones UNESCO,⁽⁸⁾ con materiales docentes (de estudio) instrumentos (potenciómetros, reómetros,) y diversos equipos y accesorios para plantas piloto; el dpto. docente de Ing. Bioquímica se estableció en el piso 3 y contó también con otras donaciones nacionales de equipos piloto: del ICIDCA (un intercambiador de calor a placas y un evaporador en película agitada); de la Estación Experimental matancera “Indio Hatuey”-UH (un liofilizador).

Junto a lo académico, se propició el trabajo científico-técnico considerando la receptividad de la industria y sus proyecciones perspectivas ejemplificadas en un artículo sobre liofilización de alimentos.⁽²³⁾ Ya en 1969 se formó un grupo científico sobre conservación de alimentos: tratamiento térmico (por calor o frío), ósmosis inversa-ultrafiltración, aditivos-confitado, concentración por congelación y, claro, liofilización. Entonces, esa técnica ya se aplicaba para tejidos humanos y derivados de la sangre,⁽²⁴⁾ pero ahora, en la biotecnología, resulta imprescindible. De ese grupo surgieron científicos con logros reconocidos: en el Centro Nacional.

de Investigaciones Científicas (CENIC) (T. Moreira, Ma. C. Santana, L. Cabrera); en el Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria (IIIA) (E. Real del Sol, Ma. del C. Cabrera, J. LL. Querejeta); en la CUJAE y UH (J. A. Díaz, L. Cruz, A. Hernández).

En 1971 la 1ra Reunión Nacional de Alimentación (RENAL I) para el desarrollo perspectivo, dio recomendaciones sobre líneas de trabajo científico-técnico y posibilidades de crear carreras específicas en las Escuelas de Ingeniería. Química y de Farmacia-Bioquímica de la UH. La comisión para Ingeniería. de Alimentos fue liderada por Díaz y Pérez (de la CUJAE), con Presa (por el CNIC) y Veliz y Franco Betancourt (por el MINAL); como resultante de carrera, se decidió completar la especialización de la Ingeniería Química con otras asignaturas: Nutrición, Análisis y química de alimentos, Control de calidad, Operaciones de Ingeniería. de Alimentos, Refrigeración, Conservación y Procesamiento de Alimentos, Sanidad e higiene de plantas. ^(25, 26) En la RENAL II (1973) el nuevo Plan de Estudios se aprobó y comenzaría en el curso 1973-74; asimismo se presentó ahí un plan de postgrado para el Estudio en Procesamiento de Alimentos, base para la futura Maestría en Ingeniería Alimentaria. La especialización Ingeniería Bioquímica, como tal, duró hasta 1976. Entonces, surge el Ministerio de Educación Superior (MES), se constituye el Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE) y la escuela pasa a ser Facultad de Procesos Químicos y Alimentarios; así la carrera se formalizó como especialidad de la enseñanza superior titulada “Tecnología de las Producciones Alimentarias”. ⁽²⁶⁾ Por otra parte y consideración (muy cubana) se creó la especialidad Tecnología de las Producciones Azucareras, deslindada de la Ingeniería Química en una nueva facultad.

En lo académico, para 1981-82 el Ministerio de Educación Superior indicó un perfeccionamiento de planes y programas basado en la experiencia acumulada, más la de otros países socialistas, propugnando perfiles más amplios. Con la asesoría directa de un profesor soviético, el resultado fue una reorientación de la especialidad, quedando definida como “Tecnología de las Producciones Bioquímicas y Alimentaria”. Este ingeniero tecnólogo podía trabajar, además en plantas de productos farmacéuticos, fermentados y otros relacionados con la Bioingeniería. ⁽²⁶⁾ Las novedades fueron: Introducción a la Especialidad (primer año); Proyectos técnicos o experimentales y Prácticas de producción (todos los

años); Introducción a la Computación (segundo año); Estadística” (tercer año); Equipamiento tecnológico de tipo mecánico, Tecnología I y II, Tratamiento de Agua y Residuales, Economía de Empresas Industriales (cuarto y quinto años). Se adelantó a tercer año la Bioquímica, se actualizó como técnica la Microbiología y se produjeron textos autóctonos (tabla 2).

En las décadas de 1970 y 1980 Cuba tuvo grandes inversiones, desarrollando nuevas capacidades industriales que incluyeron la alimentaria (el gran Complejo Lácteo Habana, combinados por todo el país, nuevas cerveceras, la Ronera y Licorera Santa Cruz del Norte), la bioquímico-fermentativa (varias plantas de levadura *Torula* y otros productos) y la farmacéutica (combinado “8 de Marzo” en la Monumental, plantas de PPG y otros derivados de ceras). El trabajo científico se intensificó y consolidó; en la CUJAE los grupos de residuales, lácteos, frutas, cárnicos se destacaron con resultados significativos en publicaciones y soluciones prácticas a problemas industriales.

Tabla 2- Algunos textos propios o elaborados por autores cubanos

Autores	Año	Título	Editorial	Asignatura
Díaz A., J. A.	1983	Conservación de Alimentos	ISPJAE, EMPES-MES	Conservación de Alimentos
Méndez , O.; A. Hernández. y J. Díaz de la Rocha	1985	Procesos y Equipos de la Industria. Alimentaria I	ISPJAE, EMPES-MES	Procesos y Equipos de la Industria. Alimentaria
Hernández., A.; J. Díaz de la Rocha y O. Rudenko	1986	Equipamiento Mecánico para la Industria. Alimentaria	ISPJAE, EMPES-MES	Equipamiento Mecánico para la Industria. Alimentaria

La “nueva” Ingeniería Química única e integral

En lo académico, según la estrategia del MES sobre perfiles de formación amplia, en 1987 se decidió unificar las carreras o especialidades anteriores en una nueva Ingeniería Química integral; se logró que la Comisión Nacional de Carrera aprobara, en un perfil amplio, la aplicación de los adelantos del último Plan de Estudios de Ingeniería Bioquímica y Alimentaria de la CUJAE. Así se incluyeron asignaturas o temas que nunca se habían impartido en la Ingeniería Química tradicional: Bioquímica, Microbiología, Calidad, Ingeniería de las Fermentaciones (además de la Ingeniería de las Reacciones Químicas), Tratamiento de Agua y Aguas Residuales, heredando a la Ingeniería Bioquímica de 1960. Ese perfeccionamiento revolucionario respondía en general, además de a las

industrias química y azucarera tradicionales, también a las bioquímicas conocidas (alimentarias, farmacéuticas) y hasta a las emergentes biotecnologías y del medio ambiente; los egresados disponían ya de la formación básico-específica y de especialidad que le faltaba al ingeniero químico de los años 40 y 50, como resaltó entonces Santamarina. ⁽⁴⁾

Ese proceso cubano tuvo un enfoque y basamento similar al ocurrido más tarde en España (1992). ⁽⁶⁾ Coincidió también con lo publicado después sobre posibilidades "...profesionales del ingeniero químico,... trabajando en industrias de: petroquímica, pulpa y papel, farmacéuticos (medicamentos), microelectrónica, alimentos,... biotecnología y seguridad-salud ambiental, entre otras." ⁽⁵⁾ Volviendo a lo académico cubano y su perfeccionamiento periódico, en el de 1990 se mantuvo la estructura integral químico-bioquímica ya lograda, pero implicó aún mayor "revolución" metodológica al introducirse una Disciplina Integradora (la Ingeniería de Procesos) constituida por nueve asignaturas de primero a quinto año; esta incluyó la Introducción a la carrera (en primer año), lo relativo a calidad y economía empresarial, las prácticas de producción y los proyectos-trabajos técnicos (cada año e incluyendo también instalaciones del Polo Científico Biotecnológico-farmacéutico), hasta el Trabajo de Diploma. Se fortaleció asimismo la enseñanza postgraduada con las maestrías que, en la CUJAE, son en: Ingeniería Ambiental, Ingeniería Alimentaria (con colaboración estrecha del IIIA), Corrosión (Ciencia de los materiales), Análisis y Control de Procesos e Ingeniería de los Procesos Biotecnológicos (de conjunto con personal e instalaciones del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología o CIGB).

En la CUJAE de los años 90, además de los Grupos de Investigación en Alimentos, en Tratamiento de Residuales y en Corrosión, que se consolidaron y diversificaron, el espectro se fortaleció con otros grupos de investigación en: Azúcar, Ingeniería de Procesos y Biotecnología (nuevo); se creó, además, un Centro de Estudios en Ingeniería de Procesos (CIPRO). En el país, es notable actualmente el desarrollo de la biotecnología y se conoce que, en este casi 'perdido' 2020. La industria biofarmacéutica cubana ha sido clave en la estrategia para el enfrentamiento a la pandemia; ⁽¹⁾ ha impactado el hecho de que Cuba es el primer país de América Latina y el Caribe en disponer de un candidato vacunal contra la COVID-19 en fase de ensayos clínicos en humanos. ⁽²⁾ Además de esa vacuna, Soberana 1, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ya incluyó al

segundo candidato vacunal cubano Soberana 2 en su sitio oficial de proyectos en fase de ensayos, el grupo empresarial BioCubaFarma señaló que Soberana 1 y, ahora, Soberana 2 forman parte de los 47 registrados contra el SARS-COV-2, a nivel mundial por la OMS. ⁽²⁷⁾

Los egresados de la “nueva” Ingeniería Química finisecular y de estos primeros años del siglo XXI (ingeniería químico-bioquímica, en fin), son en esencia quienes completan el escalado técnico-productivo de esas novedades biotecnológicas y biofarmacéuticas, garantizando-controlando su producción comercial o masiva.

Conclusiones

En los años 1940-50 la Bioingeniería ya se aplicaba formalmente en investigaciones científico-técnicas en el mundo; en la Cuba de 1959-60 destacaba con fermentaciones para obtener levaduras y cultivos “madre”.

En relación con nuevos procesos biológicos, la Ingeniería Química no incluía nada de formación para su diseño tecnológico y escalado al nivel industrial de producción. Lo anterior se solucionó desde 1963-64 por la Universidad de La Habana con una especialización optativa de esa carrera: la Ingeniería Bioquímica. La especialización se desarrolló a la carrera completa: primero en Ingeniería de Alimentos o Tecnología de Producciones Alimentarias (1973 a 1981) y después, más enfocada a bioingeniería, en Tecnología de Producciones Bioquímicas y Alimentarias (1982 a 1987).

En 1987, gestionando un perfil más amplio y general, la unificación de las carreras anteriores dio lugar a una nueva “Ingeniería Química integral” que incluyó en su plan los adelantos de la anterior Tecnología Bioquímica y Alimentaria.

El perfeccionamiento de 1990 implicó mayor “revolución” metodológica, con la nueva Disciplina Integradora “Ingeniería de Procesos”, manteniendo la integralidad químico-bioquímica heredada de la Ingeniería Bioquímica de los años 60.

La Ingeniería Química actual responde también a la industria biotecnológica y asimismo se fortaleció el postgrado, creándose o consolidándose en la CUJAE las maestrías en: Ingeniería Ambiental, Ingeniería Alimentaria e Ingeniería de Procesos Biotecnológicos.

Agradecimientos

Muy especiales al colega Ing. Luis E. Guerra Díaz, experto en fermentaciones y docente fundador de la especialización en Ing. Bioquímica, Profesor Asistente (a tiempo parcial) de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE); otro tanto al investigador jubilado del MINAL, Ing. Ramiro Jiménez, integrante del primer Grupo de I. Q. e Ing. Bioquímica. También a los colegas: Dr. Ing. Reynaldo Delgado (2da graduación de I. Q.-I. Bioq., 1967; ex investigador del IIIA-MINAL); Dr. Ing. Olga Sánchez (3ra graduación de I. Q.-I. Bioq., 1968; Profesor Titular Consultante de la CUJAE); Dr. Ing. Carlos Menéndez (4ta graduación de I. Q.-I. Bioq., 1969; Prof. Titular Consultante de la CUJAE).

Referencias bibliográficas

1. SUÁREZ, R. y MORENO, E. "La industria biofarmacéutica cubana contra la COVID 19", *Granma*. 11 de Agosto de 2020, p. 5.
2. PELÁEZ, O. "Soberana 1 no es obra de la casualidad", *Granma*. 10 de Octubre de 2020, p. 8.
3. SANTAMARINA, V. "Las fermentaciones y la industria alimenticia". *Industria Alimenticia*, 1968a, **1** (1), p. 55-58.
4. SANTAMARINA, V. "El ingeniero bioquímico y el bioquímico microbiólogo. La Ingeniería Bioquímica en las industrias de alimentos y de fermentaciones", *Industria Alimenticia*, 1968,**1**(2), pp. 51-55.
5. ROMERO, Z. "Divulgación de la Ingeniería Química", *Ingeniería Química*, 2000, **32** (374), p. 151-153.
6. FERNÁNDEZ-POLANCO, F. "Acreditación de la Ing. Química de la Universidad de Valladolid", *Ingeniería Química*, 2000, **32**(374), p. 143-146.
7. HING, R. "70 Aniversario de la Univ. de Oriente y de la Carrera de Ing. Química", *Tecnología Química*, 2017, **37**(2). e-ISSN: 2224-6185
8. GUERRA, L. "Inicios, desarrollo y prácticas de la especialización en Ingeniería Bioquímica en Universidad. de La Habana". [entrev.] J. Díaz-Abreu. La Habana, 20 de Octubre de 2020.

9. JIMÉNEZ, R. "Inicios de la Ing. Química y de la especialización en Ingeniería Bioquímica en la Universidad. de La Habana". [entrev.] J. Díaz-Abreu. La Habana, 20 de Octubre de 2020.
10. CRUES, W. *The Principles and Practice of Wine Making*. 2nd ed. Connecticut: Avi Pu. Company Inc, 1947.
11. PRESCOTT, S. and DUNN, C. *Industrial Microbiology*. 2d edition. New York: McGraw-Hill Book Company Inc, 1949.
12. PROCTOR, B. and GODBLIT, S. "Electromagnetic radiations fundamentals and their application in food technology", *Advances in Food Research*, 1951, **3**, pp. 119-196.
13. PEDERSON, C. and ALBUR, M. "Factors affecting the bacterial flora in fermenting vegetables", *Food Research*, 1953, **18**, pp. 290-300.
14. VAUGHN, R. Lactic acid fermentation of Cucumbers, Sauerkraut and Olives. En: L. Underkofler and J. Hickey. *Industries Fermentation*. New York: Chemical Pu. Company Inc., 1954, **2** (2).
15. CAMPBELL, L. and O'BRIEN, R. "Antibiotics in food preservation", *Food Technology*, 1955, **9**, pp 461-465.
16. NIVEN, C. "Vinegar pickled meats. A discussion of bacterial and curing problems encountered in processing", *American Meat Institute Foundation Bulletin*, 1956, **27**.
17. DEINDOERFER, F. and HUMPHREY, A. "Analytical method for calculating heat sterilization times", *Applied Microbiology*, 1959, **7**, pp 256.
18. WALLERSTEIN, L. "Enzyme preparations from microorganisms", *Ind. Eng Chemistry*, 1938, **31**, pp. 1218-1224.
19. HICKEY, R. Production of Riboflavin by Fermentation. En: L. Underkofler and R. Hickey. *Industries Fermentation*. New York: Chemical Pu. Company Inc., 1954, **2**(5).
20. WEBB, F. *Biochemical Engineering*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1964.
21. AIBA, S., HUMPHREY, A. and MILLIS, N. *Biochemical Engineering*. New York: Academic Press, 1965.
22. SANTAMARINA, V. "El ingeniero bioquímico y el bioquímico microbiólogo. II Sobre la formación de profesionales para las industrias de alimentos y de fermentaciones", *Industria Alimenticia*, 1968c., **1**(2), pp. 56-59.

23. BARRETO, J. “*Teorías y experiencias en la Liofilización Alimentaria*”, *Industria Alimenticia*, 1968, **1**(3),pp 44-50.
24. DÍAZ, J. *Conservación de Alimentos (Apuntes para libro de texto)*. La Habana: Ediciones ISPJAE, EMPES-MES, 1983.
25. DÍAZ, J. “La ingeniería alimentaria en Cuba”, *Juventud Técnica*,. 1977, **8**
26. HERNÁNDEZ, A. y DÍAZ DE LA ROCHA, J. “Formação do engenheiro bioquímico de Cuba”, *Alimentos & Tecnologia*, 1986, **2**(11), pp. 63-66.
27. NUSA, P. “De los 47 candidatos vacunales contra la COVID 19, dos son cubanos”, *Granma*. 5 de Noviembre de 2020, pp. 1.

Conflicto interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Julio A. Díaz Abreu: recolección de datos y redacción

Aldo Hernández Monzón: recolección de datos y edición