

Retos y desafíos de la Biotecnología cubana en el enfrentamiento a la COVID-19

Challenges of Cuban Biotechnology in the confrontation with COVID-19

Yadira Gamboa Díaz¹ <https://orcid.org/0000-0003-1162-7012>

Midiala Lugo Valdés¹ <https://orcid.org/0000-0001-8769-3652>

Alexandro García Vargas¹ <https://orcid.org/0000-0002-1104-3431>

Beatriz Domínguez Arencibia¹ <https://orcid.org/0000-0003-2056-2759>

Delvis González García¹ <https://orcid.org/0000-0002-8016-4464>

¹Filial de Ciencias Médicas “Piti Fajardo” de San Cristóbal. Artemisa, Cuba.

*Autor para la correspondencia: yadiragd@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: Como resultado de la voluntad política de nuestro Gobierno, Cuba tiene un sólido desarrollo en las investigaciones de la biotecnología, fomentando una fuerte rama científica dedicada a la investigación y elaboración de productos médico-farmacéuticos obtenidos por vía de la ingeniería genética y la biotecnología, que nos pone en condiciones favorables para enfrentar a la pandemia global de la COVID-19.

Objetivo: Determinar los retos y desafíos de la Biotecnología cubana y su impacto en el enfrentamiento a la COVID-19.

Desarrollo: Se realizó una revisión de la literatura disponible en formato digital, consultándose 11 referencias bibliográficas en fuentes tales como SciELO, Granma y Organización Panamericana de Salud. Se hizo uso además, de los diferentes métodos teóricos como: análisis, síntesis, inducción y deducción.

Conclusiones: La biotecnología cubana ha tenido que lidiar con diferentes retos y desafíos, siendo el bloqueo económico-financiero el principal desencadenante

de la carencia de materias primas, la pérdida de proveedores y de la bancaria; pero aun así la ciencia cubana ha sabido superar estos desafíos y hacerle frente a la actual pandemia global de COVID-19. Se garantiza los medicamentos necesarios para tratar a los pacientes infectados, siendo el interferón Alfa 2B, el antiviral que ha marcado la historia de la biotecnología cubana, además de otros medicamentos como el CIGB-258, el Itolizumab y la Biomodulina T, conjunto con otros proyectos, dentro de los cuales la búsqueda de una vacuna específica que elimine el virus y el desarrollo de un diagnosticador eficiente, constituyen los principales retos que aún quedan por superar.

Palabras clave: biotecnología; medicamentos; producción.

ABSTRACT

Introduction: As a result of the political will of our government, Cuba has a solid development in the research of biotechnology, promoting a strong scientific branch dedicated to the research and elaboration of medical-pharmaceutical products obtained through genetic engineering and biotechnology, which puts us in favorable conditions to face the global pandemic of the COVID-19.

Objective: To determine the challenges of Cuban Biotechnology and its impact in the confrontation to COVID-19.

Development: A revision of the literature available in digital format, consulting 11 bibliographic references in sources such as SciELO, Granma and Pan-American Health Organization was carried out. Different theoretical methods such as: analysis, synthesis, induction and deduction were also used.

Conclusions: Cuban biotechnology has had to deal with different challenges, being the economic-financial blockade the main trigger of the lack of raw materials, the loss of suppliers and of the bank; but even so, Cuban science has known how to overcome these challenges and to face the current global pandemic of COVID-19. The necessary medicines to treat the infected patients are guaranteed, being the interferon Alpha 2B the antiviral that has marked the history of Cuban biotechnology, besides other medicines such as the CIGB-258, the Itolizumab and the Biomodulin T, together with other projects, within which the search of a specific vaccine that eliminates the virus and the development of

an efficient diagnostician, constitute the main challenges that still have to be overcome.

Keywords: biotechnology; drugs; production.

Recibido: 05/06/2020

Aceptado: 15/06/2020

Introducción

La industria biotecnológica en Cuba se ha destacado por un alto carácter innovador, con la generación de productos únicos en su clase. Un editorial de *Nature* en 2009, la describió como la industria biotecnológica más establecida entre los países en desarrollo, con un crecimiento en ausencia del modelo de capital de riesgo, considerado un requisito indispensable para los países industrializados.⁽¹⁾

La escasez de recursos, unida a la necesidad de desarrollar un modelo de salud sostenible e independiente de las afectaciones financieras y económicas a nivel global, ha llevado a la creación de la industria biofarmacéutica nacional como un componente fundamental del sistema de salud.⁽¹⁾

Antes de 1959, Cuba importaba la mayoría de los medicamentos utilizados en el país, principalmente de los Estados Unidos. En la actualidad, el país dispone de una industria biofarmacéutica integrada por 34 empresas que suministran más del 60 % de los medicamentos del Cuadro Básico de Medicamentos (CBM).⁽¹⁾

De acuerdo con el CBM de 2018, del total de 761 medicamentos, 352 (46 %) estuvieron destinados para la comercialización en farmacias y el resto para uso en las instituciones de salud. El 82 % de los medicamentos destinados a farmacias fueron de producción nacional.

Durante 2018, la sección de medicamentos del Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED) evaluó 1046 solicitudes de trámites de autorización de comercialización, de las cuales el 41 % correspondió a la industria nacional. Al mismo tiempo, la sección de biológicos

evaluó 197 trámites relacionados con autorizaciones sanitarias de productos biológicos y biotecnológicos, de los cuales el 53 % correspondió a productos nacionales.⁽²⁾

En Cuba, el acceso de la población a los medicamentos está garantizado de manera general. Sin embargo, en junio de 2018 alrededor de 45 medicamentos (6 %) del total incluido en el CBM no se encontraban disponibles para la población. El Sistema Nacional de Salud ha establecido una metodología para el análisis y control de los medicamentos en falta.⁽²⁾

En la actualidad un total de 22 medicamentos se emplean en el enfrentamiento y tratamiento de la COVID-19, entre los cuales se destaca el interferón alfa 2B por sus probados resultados en China, se producen en plantas del grupo empresarial Biocubafarma. Esos fármacos forman parte de los 300 que elabora dentro del cuadro básico que se distribuye a los centros asistenciales y las farmacias de todo el país, esfuerzos que ahora se intensifican ante la emergencia epidemiológica que representa el nuevo coronavirus.⁽³⁾

Es por ello que el presente trabajo pretendió determinar los retos y desafíos de la Biotecnología cubana y su impacto en el enfrentamiento a la COVID-19.

Desarrollo

Se realizó una revisión de la literatura disponible en formato digital. Fueron consultadas las bases de datos nacionales presentes en la red de infomed: Scielo-Cuba, Biblioteca Virtual de Salud (BVS), e internacionales como la Organización Panamericana de Salud (OPS); así como los principales sistemas de indización, se revisó un total de 15 referencias, de las cuales 11 fueron incluidas. Los términos más empleados en la búsqueda fueron: biotecnología cubana, medicamentos producidos en Cuba, fármacos cubanos para el tratamiento de la COVID-19. Se utilizaron los diferentes métodos teóricos como el análisis, la síntesis, la inducción y la deducción que permitieron la elaboración del informe.

Logros alcanzados por la biotecnología cubana en la producción de medicamentos

A partir de 1981, y con la creación del Frente Biológico, se priorizó el desarrollo de la biotecnología y de la industria farmacéutica en Cuba.⁽⁴⁾ Son ejemplo de ello, la obtención de medicamentos (Figs. 1 y 2).



Fig. 1- Heberprot P, CimaVax, Policosanol, Vacuna antimeningocócica (de derecha a izquierda).



Fig. 2- Heberprot P, Proctokinas, Heberferon, HeberNasvac (de derecha a izquierda).

Vacunas profilácticas

Desde 2004, las vacunas que se utilizan en el país son producidas en Cuba, (con la excepción de la triple viral, polio –oral y parenteral– y BCG). Unido a las altas coberturas de inmunización, este constituye otro de los indicadores que evidencia el control de las enfermedades prevenibles por la vacunación.⁽²⁾

Más de 55 millones de dosis de la vacuna antimeningocócica VA-MENGOC-BC se han aplicado en Cuba y otros 15 países, principalmente en América Latina y el Caribe.⁽⁴⁾ Se incluyó en el Programa Nacional de Inmunización desde 1991. La incidencia se redujo de 14 por 100 000 habitantes en la década de 1980 a menos de 0,2 por 100 000 habitantes a partir del 2006.⁽⁵⁾

La vacuna antihepatitis B recombinante cubana ha reducido la incidencia de la enfermedad de 376 casos en 1991 a 16 en el 2012, para una tasa de incidencia de 0,1 por 100 000 habitantes, llegando a cero en la población menor de 15 años. Con esta vacuna se implementó desde el año 1992 la vacunación universal antihepatitis B dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento, como parte de la estrategia de vacunación contra la hepatitis B, 19 años antes de la meta establecida por la OMS.⁽²⁾

La vacuna contra la fiebre tifoidea de polisacárido Vi se registró en 2002 y sustituyó a la vacuna de células enteras inactivadas (calor-fenol) reduciendo la reactogenicidad.⁽²⁾

La vacuna Hib conjugada se registró y comercializó en 2003. Es la primera vacuna que contiene un antígeno de polisacárido capsular obtenido por síntesis química y ha demostrado ser tan segura e inmunogénica como las vacunas comercializadas que contienen el polisacárido nativo. Esta vacuna se está utilizando en el programa nacional de inmunización como componente de la vacuna pentavalente desde 2006. Su introducción en el Esquema Nacional de Inmunización (ENI) ha tenido un doble impacto: reducir los costos anuales por sustitución de la similar importada, con un ahorro de 2-3 millones de dólares y reducir la incidencia de la infección por esta bacteria.⁽²⁾

Una formulación cubana tetravalente (DTP-Hepatitis B) formó parte del ENI pero en la actualidad se utiliza una vacuna pentavalente de producción local

(Heberpenta), registrada en el 2010; simplificó el Programa Nacional de Inmunización al reducir de once a seis el número de vacunaciones.^(2,5)

Otra vacuna registrada es la vacuna polisacarídica antimeningocócica A, C, W135, indicada en niños y adultos a partir de los dos años de edad, para la inmunización activa frente a la enfermedad meningocócica causada por meningococos de esos serogrupos. Esa vacuna no se utiliza en Cuba y se produce para la exportación a países que la han solicitado.⁽²⁾

Vacunas terapéuticas

Se destacan dos vacunas terapéuticas para el cáncer de pulmón de células no pequeñas (CIMAvax-EGF y Vaxira), con características diferentes: CIMAvax-EGF está constituida por un conjugado químico del factor de crecimiento epidérmico (EGF) con la proteína P64k derivada de la *Neisseria meningitidis* y Vaxira es una vacuna anti-idiotípica, constituida por el anticuerpo monoclonal humanizado racotumomab.⁽²⁾

En 2015 se registró HeberNasvac, una vacuna terapéutica compuesta por una mezcla del antígeno de superficie con el antígeno de la nucleocápsida del virus de la Hepatitis B y que constituye otra opción para el tratamiento de pacientes adultos con infección crónica por el virus de la Hepatitis B.⁽²⁾

Otros productos biofarmacéuticos

Otros productos derivados de la biotecnología se producen en Cuba y se utilizan en el Sistema Nacional de Salud. Entre ellos, la eritropoyetina recombinante. El hecho de que este producto de elevado costo esté disponible para los pacientes con enfermedad renal crónica y otras enfermedades graves que lo requieran es un gran logro. Heberprot-P es un producto innovador que contiene factor de crecimiento epidérmico humano recombinante y se utiliza en las úlceras crónicas para reducir los riesgos de amputaciones relacionadas con la diabetes. Heberprot-P se registró en Cuba en 2006 y está incluido en el CBM desde 2007. La aplicación de este producto ha permitido reducir en 81,2 % las amputaciones de miembros inferiores en diabéticos adultos registrados, según un estudio realizado en la región central del país.⁽²⁾

En los tratamientos a enfermedades cardiovasculares se incorporaron con eficientes resultados varios de los medicamentos novedosos producidos en Cuba, como el antiagregante plaquetario, de origen natural, Policosanol (PPG) en el tratamiento de la hipercolesterolemia (factor de riesgo coronario) y la estreptoquinasa (Heberkinasa), cuya efectividad se demostró con la aplicación a 3000 pacientes en 52 hospitales durante 2 años, en que se estudió el 40 % de los pacientes infartados que cumplían los criterios de inclusión, lográndose disminuir la mortalidad por esta causa en 20 %. De igual forma, productos como el factor de crecimiento epidérmico, la biomodulina y el surfacen, este último para distrés respiratorio en recién nacidos, así como diferentes tipos de interferón producidos en el país son reconocidos mundialmente por su calidad y efectividad.^(5,6)

El PEG-Heberon. (Interferón alfa 2b humano, recombinante, conjugado a polietilenglicol), registrado en Cuba desde 2009, se utiliza en el tratamiento de la hepatitis C crónica; también puede ser empleado en pacientes coinfectados con virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) o virus de la hepatitis B (VHB), así como en pacientes que hayan recibido un trasplante hepático.⁽²⁾

En 2018 se introdujeron en el CBM el Interferón Alfa 2B y Gamma Humano Recombinante inyección (HEBERFERÓN) para el tratamiento del cáncer de piel, y la Estreptoquinasa supositorio (PROCTOKINASA. SK RECOMBINANTE) para el tratamiento no invasivo de las hemorroides agudas.⁽²⁾

En la actualidad, el Alzheimer es la sexta causa de muerte en el país, entre personas mayores de 60 años y, para 2040, esa enfermedad podría afectar al 2,7 % de los cubanos. Hoy, más de 35 millones de personas en el mundo tienen Alzheimer y no existe un medicamento que sea capaz de curar o detener su progresión. En este contexto, los científicos del Centro de Inmunología Molecular (CIM) crearon un fármaco, llamado NeuroEpo, que retrasa la expansión de esa enfermedad.⁽⁷⁾

La Melagenina Plus (Fig. 3), extracto alcohólico de placenta humana, que tiene la propiedad de incrementar la reproducción de los melanocitos, así como de acelerar el proceso de producción de la melanina dentro de este para la cura del vitíligo.⁽⁸⁾



Fig. 3- Melagenina Plus, para el tratamiento del vitíligo.

Productos biotecnológicos en desarrollo

Al concluir 2018, BioCubaFarma contaba con una carpeta de 398 proyectos orientados a productos, observándose una disminución en la proporción de medicamentos genéricos, un aumento en los diagnosticadores y equipos médicos y un ligero incremento en los proyectos de productos biofarmacéuticos y de origen natural.⁽²⁾

Entre los principales productos biofarmacéuticos en desarrollo se pueden citar productos para la prevención y el tratamiento de diferentes enfermedades como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades infecciosas, diabetes y otras.⁽²⁾

Heberprovac

El Heberprovac constituye una vacuna terapéutica contra el cáncer de próstata avanzado, va dirigido a la generación de un péptido sintético que logra una respuesta inmune del organismo, causando la inhibición de la producción de testosterona y la atrofia de la próstata. Con ello, puede haber una sobrevida de

cinco años, debido al buen correlato clínico, inmunológico, bioquímico y endocrino.⁽⁹⁾

CIGB-210

Otro péptido capaz de modificar los filamentos de la sustancia vimentina (una de las proteínas fibrosas) en el citoesqueleto celular es el nombrado CIGB-210, catalogado como un inhibidor del virus de inmunodeficiencia humana (VIH), primero en su clase.

Este constituye un novedoso candidato a fármaco contra el VIH por su baja probabilidad de aparición de resistencia al utilizar como blanco una proteína celular. Tiene poca probabilidad de efectos secundarios debido a su reducida toxicidad. Por el mecanismo de acción del CIGB-210, debe esperarse una significativa disminución de los efectos negativos por problemas de adherencia al poderse administrar espaciadamente.

Se espera que este fármaco se convierta en un novedoso antiviral con un mecanismo de acción diferente, debe superar las limitaciones de los productos farmacológicos existentes en el mercado y además tiene posibilidades de lograr la cura funcional. Por otra parte, existen evidencias experimentales que apuntan a que el CIGB-210 tenga posibilidades de protección profiláctica.⁽⁹⁾

CIGB-300

El CIGB-300 apunta a convertirse en una modelación de péptidos miméticos que pueden destruir diferentes tipos de cáncer. Su función radica en inhibir en las células tumorales el proceso de la fosforilación (mecanismo de transportación de la energía desde los lugares donde se produce hasta donde se necesita, por lo cual regula la actividad de las proteínas en general y de las enzimas en particular). Ello da lugar a la inducción de apoptosis (muerte celular). Este tratamiento ya se evaluó en humanos y demostró su perfil de seguridad.⁽⁹⁾

CIGB-247

Otra vacuna terapéutica subcutánea resulta el CIGB-247, que emplea el factor de crecimiento del endotelio (tejido) vascular como antígeno en diferentes

adyuvantes, muy efectivo en la vascularización de la retina. Este producto se investiga para el tratamiento de los tumores sólidos y con posible repercusión en otras enfermedades crónicas de importancia para el hombre, como la degeneración macular asociada a la edad.⁽⁹⁾

CIGB-552

Un fármaco antitumoral de segunda generación dirigido a blancos moleculares con utilidad en el tratamiento del cáncer y sus metástasis es el CIGB-552. Este producto induce la muerte celular y bloquea la progresión del ciclo de las células tumorales sin provocar efectos negativos en las normales.

Con él se ha demostrado que provoca un potente efecto antitumoral en diversos modelos de tumor en animales inmunocompetentes y una amplia ventana terapéutica para tratar cáncer de colon. Tiene efecto antimetastásico en el modelo para el carcinoma de pulmón. Su administración subcutánea es eficaz y su estudio alcanza a los tumores de mama, páncreas, linfomas y otros.⁽⁹⁾

CIGB-814

Un péptido para el tratamiento de la artritis reumatoide y de varias enfermedades autoinmunes es el CIGB-814, diseñado a partir de herramientas bioinformáticas y producido por síntesis química. Los investigadores cubanos cuentan con evidencias de que este producto induce la muerte en los clones de células patógenas cuando los pacientes están en actividad.⁽⁹⁾

Según el artículo publicado en Granma por *Niura Barbosa*, el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) continúa abogando por la obtención por vía recombinante de proteínas y hormonas, vacunas y medios de diagnóstico, producción de anticuerpos monoclonales, aprovechamiento de la biomasa y la transformación de las células y los tejidos, donde el profesor Gerardo Guillén Nieto, Director de Investigaciones Biomédicas, lo caracterizo con los términos innovación y novedad, por las ideas propias generadas a partir de las investigaciones.⁽⁹⁾

Retos y desafíos de la biotecnología cubana

El combate que Cuba da frente a la COVID-19 tiene detrás un importante basamento científico, que muestra el potencial desarrollado por la Revolución en este campo, sin embargo pudiera ser mucho mayor si no existiera el bloqueo económico, financiero y comercial que desde hace más de medio siglo impone a nuestro país el Gobierno de los Estados Unidos, constituyendo un reto para la biotecnología cubana.^(10,11,12)

La carencia de materias primas hace que la industria pierda capacidades de producción, y no siempre las pueda recuperar, no obstante, cuando llegan determinados volúmenes, el esfuerzo que hacen en las fábricas es extraordinario, se organizan en turnos diarios para no parar y recuperar el tiempo perdido, aunque a veces resulta imposible. Este tipo de situaciones la han vivido con los medicamentos que van a la asistencia médica en general (pacientes ingresados y graves), y a la farmacia comunitaria, a donde las personas se acercan con una receta o su tarjetón y no encuentran lo que buscan. Otra arista en la que sufrimos directamente el bloqueo es la bancaria, lo cual deriva en pérdida de capacidades y en desabastecimiento. En definitiva, el bloqueo se traduce en sufrimiento humano, pues no acceder a un medicamento afecta directamente la calidad de vida y compromete la salud de las personas. Las acciones de Estados Unidos contra Cuba son cada vez más agresivas, persiguen todas las operaciones de la Isla, y muchas veces se ven obligados a importar desde un segundo, tercer y hasta un cuarto país por el temor de los proveedores a ser sancionados. Hay productos imprescindibles que solo se fabrican en Estados Unidos; si no existiera el bloqueo, acceder a estos podría ser fácil y barato, quizás, pero debemos empeñarnos muy duro para conseguirlos o, si es posible, prescindir de ellos.⁽¹³⁾

Impacto de la biotecnología cubana en el enfrentamiento a la COVID-19

En el protocolo de los 25 productos que fabrica BioCubaFarma, una parte importante son los productos biofarmacéuticos. Dentro de los principales retos que enfrenta esta industria con el fin de contribuir a contrarrestar la pandemia en Cuba y en todos los países que pidan apoyo, el Dr. Eduardo Martínez Díaz,

presidente de BioCubaFarma, en artículo en Cubadebate, puntualizó que la industria biofarmacéutica cubana tiene su plan para el enfrentamiento al nuevo coronavirus. En particular, destacó que BioCubaFarma tiene un programa que incluye entre otros aspectos: garantizar los medicamentos que forman parte del protocolo definido por Salud Pública para tratar los pacientes con COVID-19 (22 medicamentos, entre ellos el Interferón, y otros de uso hospitalario, destinados a las diferentes fases por las que puede transitar un paciente).^(10,11)

Para ello, se organizan los sistemas productivos, de cara a elevar la producción de estos fármacos, para contar con todo el arsenal que se pueda requerir en un momento determinado, adquiriendo los recursos para brindar esa seguridad y que de manera oportuna podamos contar con los medicamentos necesarios.⁽¹⁴⁾

Rolando Pérez Rodríguez, director de Ciencia e Innovación de BioCubaFarma, explicó que de los 15 proyectos seis están enfocados en el tratamiento, igual número son profilácticos, dos son diagnosticadores y un equipo médico. Los productos se enfocan en incrementar la inmunidad innata de las personas, reducir la carga viral en los inicios de la enfermedad y reducir la reacción hiperinflamatoria en los pacientes que la desarrollan, sobre todo en los grupos vulnerables (adultos mayores o con patologías de antecedente), constituyendo un desafío para nuestros científicos.^(15,16)

Como una muestra de la capacidad de respuesta de la biotecnología cubana, de estos proyectos nueve ya se encuentran en fase de ensayos de intervención o estudios clínicos y seis aún en fase de investigación y desarrollo en los laboratorios, además de otros de fase de diseño o temprana de investigación.^(15,16)

En el tratamiento en la etapa inicial se utiliza el Interferón Alfa 2B, siendo Cuba el segundo país en producir interferón leucocitario y luego desarrollar el Recombinante Alfa 2B, marcando la historia de la biotecnología cubana por su eficacia en la lucha contra diversas enfermedades. Junto al Interferón Alfa 2b humano recombinante; el Oseltamivir, un inhibidor selectivo de las neuraminidasas del virus de la gripe, la Cloroquina (antipalúdico) y la Kaletra forma parte de los tratamientos que se emplean en el país para enfrentar la COVID-19. Además para el manejo de la reacción inflamatoria que produce la

COVID-19 se estudian el anticuerpo monoclonal del Centro de Inmunoensayo (Itolizumab) y un péptido del CIGB (CIGB-258, inmunoregulador).^(15,17,18)

El presidente de BioCubaFarma, Eduardo Martínez, refirió que la acción antiviral del interferón cubano ha demostrado efectividad en el tratamiento de la COVID-19, junto a otros productos desarrollados por nuestra industria biofarmacéutica, lo cual nos brinda soberanía. Muchos países han pedido apoyo a Cuba para el suministro de medicamentos, y hasta la fecha suman 62 naciones las que han solicitado el interferón, constituyendo un reto para nuestra industria biofarmacéutica, aunque se puede destacar que contamos con una planta en China y otra en nuestro país, además, existen otras que fabrican otros medicamentos, que en caso de ser necesario podrían producir más Interferón, contando con las cantidades suficientes para tratar a los pacientes en el escenario más crítico que pueda darse.^(15,19)

La mayor cantidad de productos se concentran en el uso de profilácticos, entre ellos la administración nasal de interferón Alfa (para estimular la inmunidad), biomodulina-T (para mayores de 60 años), factor de transferencia (estimula la inmunidad en grupos vulnerables), CIGB 2020 (inmuno potenciador) y un candidato vacunal del Instituto Finlay (contiene componentes de la vacuna cubana contra la meningitis).^(15,20)

Entre los desafíos agregó el especialista están los proyectos que se encuentran en fase de investigación como los dos péptidos antivirales (CIGB-210 y CIGB-300) y una vacuna para inducir inmunidad protectora específica para sí hay re-emergencia de la enfermedad, siendo este último un reto muy complejo que llevara un nivel mayor de integración. Otros productos de la industria que no son medicamentos también están en curso de desarrollo, como es el caso del jabón dermatológico basado en aceite de girasol ozonizado del Centro nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).^(11,14,15)

En cuanto al diagnóstico Pérez Rodríguez mencionó una prueba desarrollada por el Centro de Inmunoensayo para detectar presencia de anticuerpos en los pacientes montado en la tecnología SUMA (hay más de tres mil equipos de esta tecnología en el país que permite soberanía tecnología y amplia cobertura).^(15,16,20)

La ciencia cubana también le hace frente a la COVID-19 mediante el desarrollo de pruebas de diagnóstico para la detección de la COVID-19, basadas en la tecnología Sistema Ultra Micro Analítico (SUMA), en el Centro de Inmunoensayo. Actualmente, Cuba trabaja en cuatro modelos de ensayo para lograr lo antes posible un diagnosticador del nuevo coronavirus, lo que le dará al país soberanía para hacer testaje y enfrentar una epidemia como esta, constituyendo aún un desafío para la ciencia cubana.^(15,16,20)

Consideraciones finales

El avance en la biotecnología en nuestro país ha permitido disminuir la tasa de incidencia de enfermedad meningocócica y hepatitis B mediante vacunas profilácticas como la antimeningocócica VA-MENGOC-BC y la Heberpenta respectivamente, así como combatir enfermedades oncológicas como el cáncer de pulmón a través de la vacuna terapéutica Cimavax. Otros fármacos como el Heberprot-P han reducido las amputaciones de pie diabético, asimismo el Policosanol y la Heberkinasa, la mortalidad por enfermedades cardiovasculares. Sin embargo la biotecnología cubana ha tenido que lidiar con diferentes retos y desafíos, siendo el bloqueo económico-financiero el principal desencadenante de estos, ya que ha propiciado la carencia de materias primas, la pérdida de proveedores y de la banca, entre otras afectaciones, pero aun así la ciencia cubana ha sabido superar estos desafíos y hacerle frente a la actual pandemia global de COVID-19, garantizando los medicamentos necesarios para tratar a los pacientes infectados por el virus, siendo el interferón Alfa 2B, el antiviral que ha marcado la historia de la biotecnología cubana por su eficiencia en el tratamiento al COVID-19, además de otros medicamentos que ayudan a regular la actividad inmune como el CIGB-258 y el Itolizumab, así como otros de carácter profiláctico como la Biomodulina T. Todavía se sigue trabajando en otros proyectos, dentro de los cuales la búsqueda de una vacuna específica que elimine el virus y el desarrollo de un diagnosticador eficiente del este, constituyen unos de los principales retos que aún quedan por superar.

Referencias bibliográficas

1. García Delgado BM, Uramis Díaz E, María Fajardo E. Experiencia cubana en la producción local de medicamentos, transferencia de tecnologías y mejoramiento en el acceso a la salud. 1era. ed. Ginebra: OMS; 2015. p. 51-53.
2. García Delgado BM, Uramis Díaz E, María Fajardo E. Experiencia cubana en la producción local de medicamentos, transferencia de tecnologías y mejoramiento en el acceso a la salud. 2da. ed. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2019. p. 60-63.
3. Trabajadores. Producen en Cuba 22 medicamentos contra COVID-19. 2020 [acceso 15/05/2020]. Disponible en: <https://www.trabajadores-cu.cdn.ampproject.org/v/www.trabajadores.cu/20200318/producen-en-cuba-22-medicamentos-contra-covid-19>
4. Simeón Negrín RE. La ciencia y la tecnología en Cuba. Rev Cubana Med Trop. 1997 Dic [acceso 23/11/2019];49(3):153-60. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07601997000300001&lng=es.
5. Rojo Pérez N, Valenti Pérez C, Martínez Trujillo N, Morales Suárez I, Martínez Torres E, Fleitas Estévez I, et al. Ciencia e innovación tecnológica en la salud en Cuba: resultados en problemas seleccionados. Rev Panam Salud Pública. 2018;42:e32. DOI: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.32>
6. Rodríguez Ben JA. La Revolución Cubana en el poder. Historia de Cuba Nivel Medio Superior. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 2010. p. 311-458.
7. Gómez Masuján ME. Cinco medicamentos “Made in Cuba” únicos en el mundo. Cubahora. 2019 [acceso 09/12/2019]. Disponible en: <http://www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnologia/cinco-medicamentos-made-in-cuba-unicos-en-el-mundo>
8. Ecured. Melagenina Plus. 2019 [acceso 09/12/2019]. Disponible en: <http://www.ecured.cu>
9. Granma. Más novedades en medicamentos cubanos para el presente y el futuro. 2018 [acceso 10/05/2020]. Disponible en: www.granma.cu/cuba/2018-08-

[31/mas-novedades-en-medicamentos-cubanos-para-el-presente-y-el-futuro-31-08-2018-13-08-48](#)

10. Falcón Alonso R, Puebla Fuentes T, Ramón MC, Montero Arce A. Científicos cubanos desarrollan novedosos tratamientos y vacunas frente a la COVID-19. Cubadebate. 2020 Abr 14 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2020/04/14/el-desafio-de-la-comunidad-cientifica-cubana-ante-la-covid-19-video/>

11. García Tamayo E. El desafío de la comunidad científica cubana ante la COVID-19. CITMA. 2020 Abr 14 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.citma.gob.cu/desafio-la-comunidad-cientifica-cubana-ante-la-covid-19/>

12. González Nápoles A. Biotecnología, entre afectaciones y desafíos por causa del bloqueo. Adelante. 2018 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.adelante.cu/index.php/es/noticias/de-camagueey/14956-biotecnologia-entre-afectaciones-y-desafios-por-causa-del-bloqueo>

13. Granma. Naviera con materias primas para medicamentos no desembarcó en Cuba por el bloqueo. 2020 Abr 28 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba-covid-19/2020-04-28/naviera-con-materias-primas-para-medicamentos-no-desembarco-en-cuba-por-el-bloqueo>

14. La industria farmacéutica cubana para enfrentar la COVID-19: Protocolos y tratamiento garantizados. 2020 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.lahabana.gob.cu/nacionales/3712-la-industria-farmaceutica-cubana-para-enfrentar-la-covid-19-protocolos-y-tratamiento-garantizados>

15. Agencia Cubana de Noticias. Biotecnología cubana desarrolla 15 proyectos para enfrentar la COVID-19. ACN. 2020 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.acn.cu/salud/63209-biotecnologia-cubana-desarrolla-15-proyectos-para-enfrentar-la-covid-19>

16. Prensa Latina. Cuba trabaja en medicamentos y tratamientos para Covid-19. Prensa Latina. 2020 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <https://www.prensa-latina.cu/index.php?o=rn&id=357240&SEO=cuba-trabaja-en-medicamentos-y-tratamientos-para-covid-19>

17. Cordovez Haro D. La ciencia frente a la Covid-19. Radio Reloj. 2020 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.radioreloj.cu/es/destacadas/laciencia-frente-a-la-covid-19/>
18. Correa Silva Y. En etapa de desarrollo en Cuba medicamento contra la COVID-19. Granma. 2020 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba-covid-19/2020-04-27/en-etapa-de-desarrollo-en-cuba-medicamento-cintra-la-covid-19-27-04-2020-00-04-42>
19. OnCubaNews. Medicamentos cubanos contra la Covid-19 (II). 2020 [acceso 08/06/2020]. Disponible en: <https://oncubanews.com.cdn.ampproject.org/v/s/oncubanews.com/coronavirus/medicamentos-cubanos-contra-la-covid-19-ii>
20. Peláez O. ¿Qué medicamentos produce e investiga BioCubaFarma en la lucha contra la COVID-19? Granma. 2020 [citado 2020 Jun 8]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba-covid-19/2020-04-10/que-medicamentos-produce-e-investiga-biocubafarma-en-la-lucha-contra-la-covid-19-10-04-2020-01-04-52>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Yadira Gamboa Díaz: Asesoría en la redacción del artículo y revisión final del artículo.

Midiala Lugo Valdés: Asesoría en la elaboración de la revisión bibliográfica.

Alexandro García Vargas: Redacción del artículo y revisión final del artículo.

Beatriz Domínguez Arencibia: Recopilación de información y elaboración de la revisión bibliográfica.

Delvis González García: Recopilación de información y elaboración de la revisión bibliográfica.