



C A P Í T U L O 4

LA SALUD DEL FUTURO A TRAVÉS DE UNA BIOTECNOLOGÍA MODERNA CON EXPERIENCIAS INNOVADORAS Y TRANSFORMADORAS, ORIENTADA HACIA AVANCES CONTINUOS EN TUNJA, BOYACÁ¹

Martha Lucia Rueda Vargas

Docente Co-Investigadora proyecto SGI 3399, integrante grupo de investigación GIGAS
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000012410
<https://orcid.org/0000-0002-8514-9212>

Ariana Marcela Avella Rocha

Tecnóloga en Regencia de Farmacia, integrante semillero SIINTEIS
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001443763
<https://orcid.org/0009-0000-8286-2517>

INTRODUCCIÓN: UNA MIRADA FUTURISTA A LA SALUD ENFOCADA EN LA BIOTECNOLOGÍA

Los avances investigativos nos han llevado, a través de los años, a descubrir nuevas herramientas que fortalezcan las diferentes áreas en las que nos desempeñamos día a día. Es así como podemos resaltar el papel importante que tiene la Biotecnología, la cual, aplicada a las distintas áreas de la educación, la salud y la sociedad en general nos permiten brindar soluciones para el bienestar de la humanidad. La biotecnología es un campo multidisciplinar, que une la biología con la tecnología, su principal objetivo es aprovechar los sistemas biológicos, tejidos vivos y aquellos derivados que permitan desarrollar nuevos productos y soluciones a aquellas necesidades que puedan nacer durante una investigación o solución a aquellas necesidades cotidianas. Es tal la evolución que ha tenido esta disciplina que, desde su inicio hasta hoy, se aplica a otras áreas como la medicina, la agricultura, la industria y el medio ambiente y sigue en crecimiento.

En la actualidad se conocen dos categorías principales de la biotecnología, dentro de las cuales se encuentran la biotecnología tradicional y la moderna. La tradicional que se basa en la aplicación de técnicas antiguas usando organismos vivos para la

¹ Texto resultado del proyecto de investigación SGI 3399

obtención de productos nuevos o la modificación de los ya existentes, como en el caso de la fermentación, utilizados para la elaboración de alimentos, bebidas y otros artículos con los cuales aún se realizan actividades y procesos biológicos desde tiempos anteriores. En cuanto a la biotecnología moderna y sus avances tecnológicos, se han apoyado la ciencia, la ingeniería genética, la biología molecular, la biología sintética y la biotecnología celular, mediante las cuales se muestran las innovaciones y nuevas aplicaciones científicas.

Dentro de cada área, como en el caso de la medicina, se han utilizado todos estos nuevos procesos que facilitan terapias avanzadas, vacunas y métodos de diagnóstico más efectivos y precisos, revolucionando los tratamientos y detección temprana de enfermedades. Dentro de la agricultura se han diseñado mejoras en cuanto a los cultivos y mayor resistencia al clima, los malos tiempos, la contaminación como consecuencias externas, logrando de esta manera mejorar el rendimiento, la calidad y productividad. También se puede encontrar que dentro de la industria se han implementado otras alternativas diferentes, biodegradables, bioplásticos y bioenergía que fortalecen la economía y son sostenibles para mitigar el impacto medio ambiental que se ha incrementado en los últimos tiempos.

Es así como la biotecnología está avanzando y buscando, dentro de sus objetivos principales, cuidar y proteger el medio ambiente, para lograr minimizar el daño ambiental. A medida que la biotecnología crece, se expande y da muestras del papel crucial ante los diferentes desafíos globales, ofreciendo nuevas oportunidades y mejorando la vida en diferentes aspectos.

La biotecnología es una ciencia con múltiples herramientas que nos permiten la interacción de disciplinas para mejorar la calidad de vida de la población, ya que cuenta con características que integran conocimientos en biología, química, genética, medicina e ingeniería, permitiendo desarrollar aplicaciones en estas áreas. Es una disciplina que está en constante renovación y evolución, abarca los alimentos, pasando por medicamentos y procesos terapéuticos avanzados. Sin embargo, dentro de sus usos se encuentran algunos aspectos que se deben tener en cuenta, como la manipulación genética que involucra cuestiones bioéticas y de seguridad, el desarrollo de las tecnologías que puede llegar a ser de alto costo lo que limita tener estas biotecnologías en diferentes contextos o la brecha que tenemos entre los países con mayor desarrollo, marcando las desigualdades con los que estamos en desarrollo.

En definitiva, la biotecnología ha desarrollado técnicas, aplicaciones, equipos, terapias y productos que aumentan la esperanza de vida, mejoran la existencia y promueven la sostenibilidad, sin dejar de lado que para su desarrollo y aplicación se deben tener presentes sus posibles consecuencias. En general, a medida que

transcurre el tiempo, aparecen nuevas tecnologías, el mundo evoluciona y los seres humanos encuentran diferentes formas para mejorar la vida y por consiguiente la biotecnología ha aparecido para dar solución a las necesidades que nacen del ser humano.

Ahora bien, hablando de la aplicación de la Biotecnología en el campo de la salud, ésta desarrolla un enfoque avanzado, que involucra algunas ciencias como la biología molecular, ingeniería, genética y microbiología, entre otras, las cuales en conjunto determinan algunas características y factores que inciden dentro de una patología y su posterior tratamiento, por medio de herramientas y equipos sofisticados que están en continuo avance de acuerdo con los estudios más recientes. La biotecnología es transversal y multidisciplinar, lo cual permite brindar un bienestar integral que genere una expansión, ofreciendo las mejores estrategias de control y prevención de las enfermedades, contrarrestándolas a futuro, con una preparación a priori y regenerativa, de acuerdo con resultados y experiencias obtenidas en situaciones pasadas y presentes. Los desarrollos tecnológicos tienen un papel importante en la medida que permiten extender las capacidades humanas, mejorando la precisión y reduciendo el error.

La biotecnología es futurista, pues ayuda en el tratamiento de enfermedades oncológicas y hereditarias, las cuales representan un mayor auge y desarrollo continuo, acompañado de nuevas vacunas, antibióticos y tratamientos relacionados con la genética y procesos de regeneración a gran escala, tomando genes, proteínas y metabolitos que poseen nuevos biomarcadores, los cuales facilitan los ensayos clínicos y determinan las características particulares e individuales de cada paciente, a través de terapias biológicas como la inmunoterapia, lo que conlleva a ser una de las principales inversiones en los países desarrollados, trazando unas de las grandes líneas investigativas, mediante tratamientos novedosos y diferentes que mantengan la calidad de vida de las personas.

Al respecto, la biotecnología determina el crecimiento y desarrollo de un país, generando bienestar en la atención de las personas, basada en la innovación y transformación, permitiendo cumplir las metas dentro de una asistencia sanitaria, económica y sostenible, apoyándose en las investigaciones de gran cobertura y disminuyendo las barreras de acceso a un servicio de salud con la adopción de prácticas que dejen un impacto positivo. Asociando el concepto de innovación en salud con los comportamientos, rutinas y formas de trabajo, en las que se crean iniciativas e ideas que hacen partícipes a los profesionales del área de la salud, el área administrativa, el área financiera y gerentes, se logra difundir la Biotecnología en las distintas organizaciones de salud, que constituyen agentes de cambio en donde se escucha y atiende a las necesidades de las personas con la ayuda de programas y estrategias que promuevan un bienestar en la salud.

¿CÓMO PODEMOS TRATAR EL PARKINSON A TRAVÉS DE LA BIOTECNOLOGÍA?

El Parkinson “es un trastorno neurodegenerativo complejo, que aparece en la edad adulta y es la más frecuente patología después de la demencia y el Alzheimer, donde se combinan factores ambientales y genéticos teniendo una pérdida progresiva de las neuronas”. (Martínez et al., 2016, p.363). Dentro de sus síntomas está la lentitud en los movimientos, temblor y rigidez, conllevando a un impacto en la calidad de vida tanto de los pacientes como de los familiares, debido al deterioro de la memoria. Esta enfermedad no cuenta con un tratamiento curativo, pues en los distintos estudios realizados no se ha encontrado ningún medicamento y si se ha evidenciado un envejecimiento más progresivo.

A través de una entrevista realizada al profesor Franyer López, quien pertenece al grupo de investigación de Bioplasma de la Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, se puede evidenciar la aplicabilidad de la biotecnología enfocada en la bioinformática, herramientas de programación y estadísticas de experiencias innovadoras para el control del Parkinson, mostrando beneficios para el paciente. Debido a que es una alternativa que controla sus síntomas y no es invasivo, para lograrlo se emplea un sistema de programación, por medio del análisis de datos, acompañado de un modelamiento matemático que permite la predicción de algunos fenotipos y la reconstrucción metabólica, quienes en conjunto se denominan autómatas celulares, los cuales dentro de una escala genómica y con una bacteria, se crean pronósticos aproximados, a partir de su microbiota y metabolismo. En el paciente se estudian las interacciones de su microbiota intestinal, contribuyendo a que pase de un estado no saludable a uno saludable.

Para ello, se hacen unas modelaciones computacionales involucrando la meta genómica y meta taxómica, que permiten determinar las rutas y reacciones asociadas al genoma desde un plano bidimensional. Por otro lado, las bacterias dentro de la informática se reducen a una fórmula química dando variaciones y fenotipos en distintas poblaciones y caracterizando unas dietas nutricionales que simulan ciertos probióticos saludables en el intestino, teniendo en cuenta los hábitos alimenticios de la persona, donde puede influir si hace ejercicio o tiene alguna enfermedad de base como la diabetes o el colon irritable. Un hallazgo importante en Parkinson es la disminución de las bacterias sintetizadoras de la mucina intestinal, para lo cual se analizó desde el plano computacional su funcionamiento en ambientes metabólicos con diferentes dietas simuladas, a través del tiempo y del espacio, cuantificando sus flujos metabólicos, lo cual arrojó aportes importantes para la biomédica, quienes empezaron a ver la biotecnología como algo importante en el tratamiento de esta enfermedad, encontrando una nueva alternativa de tratamiento a parte de los estudios científicos invasivos.

A partir de ahí se implementa una dieta mediterránea que contiene granos, nueces, carnes blancas y no rojas, dando una mayor concentración de butirato en el intestino, postulando la microbiota como un biomarcador e involucrando la genética y la nutrición con la ayuda de secuenciadores de ADN, donde se da un orden a las letras en archivos, generando una secuenciación que muestra las rutas metabólicas manejadas desde un software, donde se estudian las bacterias obtenidas en una muestra de materia fecal del paciente, siendo puestas en una cuadrícula y agregando varias al mismo tiempo, formando de esta forma una biopelícula, dando una aleatoriedad y asociándolas con un PH específico; lo que permite dar aportes puntuales basados en evidencias computacionales, dando un mejor seguimiento, especialmente durante aquellas etapas neurodegenerativas donde el daño ya está. Sin embargo, este tratamiento da un equilibrio integral, teniendo en cuenta que no solamente el paciente es quien sufre sino también su familia pues es una carga y compromiso donde hay casos de control en los que la pareja se ve afectada física, mental y emocionalmente.

En otras investigaciones, siguiendo a Coronado et al. (2017) “la enfermedad de párkinson es de origen esporádico o familiar por lo que se ha buscado abordarla de manera independiente en dos modelos, el toxicológico y el genético”. Estos autores (*Ibid.*) plantean ensayos farmacológicos, dentro de los cuales se encuentran unas líneas célula- degenerativas de las neuronas dopaminérgicas sometidas a cultivos y a un seguimiento continuo, pudiendo identificar el genotipo característico de esta enfermedad, conllevando a la generación de modelos transgénicos. A través de la ingeniería genética en tiempos más cortos y con mayor efectividad en los resultados, una de las herramientas empleadas son las nucleasas, que luego de ser editadas no presentan daños, siendo útil en la búsqueda de nuevos tratamientos terapéuticos y fármacos eficaces. Éstas pueden ser programables, dando lugar a modificaciones de acuerdo con los hallazgos encontrados, siendo uno de ellos la mutación de la enzima glucocerebrosidasa, la cual influye de manera negativa en el buen funcionamiento neuronal.

De igual manera la reprogramación de las células somáticas permite la simulación in vitro, que aplicada a la enfermedad de Párkinson, genera tratamientos innovadores como las terapias de reemplazo celular a partir de biopsias de pacientes diagnosticados, donde se evalúa su funcionalidad con base en el ADN, relacionando los fenotipos funcionales con las mutaciones genéticas analizadas en algunos animales como ratones y cerdos, encontrando que la edad y el envejecimiento contribuyen a un alto riesgo, pues hay una acumulación de hierro, alteraciones a nivel mitocondrial y disminución en la degradación de proteínas que conllevan a la pérdida de neuronas. No obstante, faltan modelos fisiopatológicos, teniendo como consecuencia los tratamientos inadecuados, lo cual se busca contrarrestar con

nuevas tecnologías de reprogramación, las cuales superen las barreras presentes en el direccionamiento celular, propiciando en el futuro una medicina más personalizada aplicada en clínicas y hospitales públicos y privados, dando una mayor cobertura y acceso, trazando nuevas perspectivas con un personal más capacitado especialmente los neurólogos y médicos, quienes tienen el primer contacto tanto con los pacientes como con esta enfermedad.

Por esta razón el impacto que tiene la biotecnología en la salud es valioso, ya que se generan tratamientos menos invasivos, optimizando algunos procesos computacionales, siendo tendencia mundial y abriendo puertas en la medicina, donde aún toman como su principal fundamento la experimentación en el ser humano y los animales, algo que se ha venido transformando desde hace algunos años, cambiando principalmente el escepticismo de los médicos y especialistas quienes han ampliado su visión limitada, mezclando la biología molecular con la modelación.

AVANCES BIOTECNOLÓGICOS EN TIEMPOS DE PANDEMIA

La pandemia a causa del COVID-19, ha sido uno de los más grandes desafíos a nivel mundial para probar los sistemas de salud globales, encontrando y dejando ver las vulnerabilidades y las oportunidades para el desarrollo y los avances en biotecnología. Durante esta crisis, Carvajal Laboratorios y el Laboratorio Departamental de Salud Pública de Boyacá impactaron por su desarrollo sobresaliente en innovación y adaptación a la respuesta ante la emergencia sanitaria.

Carvajal Laboratorios cuenta con una gran trayectoria de más de 20 años de experiencia en el sector de la salud, consolidado como un líder en biotecnología y bioseguridad. Este laboratorio es reconocido por su infraestructura con la "Biocontención Nivel 3" (BCL3), construida con el seguimiento y la proyección de rigurosos estándares internacionales en bioseguridad y control del medio ambiente, durante la pandemia. Este laboratorio demostró una gran capacidad para la adaptación de las nuevas necesidades, a causa de la llegada del COVID-19, con el procesamiento de unas 10.000 muestras al día del virus.

Carvajal Laboratorios implementó equipos avanzados como el VITEK 2 Compact, el cual es un equipo sensible, que cuenta con la tecnología avanzada para identificar los microorganismos en bajas cantidades y adquirieron un segundo equipo como lo es el Elite Ingenius, para realizar las pruebas de PCR de forma automatizada. Estos equipos fueron importantes durante la pandemia y lo han seguido siendo para la detección temprana de enfermedades como la tuberculosis, siendo la forma de mayor efectividad y precisión a la hora de presentarse emergencias sanitarias. Además, la importancia de la implementación de la biotecnología y sus avances con relación a la extracción de ácidos nucleicos y pruebas PCR en tiempo real que permiten así dar un diagnóstico con mayor precisión, exactitud y seguridad.

Ahora, hablando del Laboratorio Departamental de Salud Pública de Boyacá, que ha sido también un gran ejemplo en su respuesta ante la pandemia por COVID-19, ya que llevó a cabo el desarrollo de un proyecto significativo para fortalecer su capacidad a la hora de realizar una atención temprana y de primera línea ante aquellas enfermedades asociadas a patógenos externos, por lo cual tomó la decisión de adquirir equipos e implementar las diferentes técnicas avanzadas en Biología Molecular. Durante la pandemia, se implementó un sistema de toma de muestras de PCR en tiempo real que fue crucial e importante para la identificación exacta del COVID-19 y de otros patógenos emergentes y asociados, como lo son la tosferina y el Monkeypox (viruela símica).

Este laboratorio realizó la comparación de las pruebas de PCR con las pruebas rápidas, llegando a concluir que la prueba PCR en tiempo real, con una tasa de éxito superior al 98%, era la prueba con mayor confiabilidad para las pruebas definitivas, dentro de las pruebas necesarias para el patógeno del COVID-19. A pesar de los desafíos que surgieron con el tema de los falsos positivos, debido al tema de la premura del tiempo en cuanto a la toma y resultados de las pruebas y las muestras tardías, el laboratorio aseguró resultados de confianza, por medio de rigurosos controles de calidad y estandarización de técnicas, las cuales siempre se delimitaron durante todos los procesos y procedimientos que realizaban.

Las experiencias innovadoras dentro del proceso de investigación y aplicación de la biotecnología, dentro de estos dos laboratorios, se adoptaron con miras a la rápida evolución y respuesta a la pandemia. Carvajal Laboratorios por su parte, ha seguido implementando en colaboración con universidades del departamento de Boyacá, avanzados estudios sobre la tuberculosis y otros patógenos, utilizando tecnologías avanzadas de punta para mejorar la detección y tratamientos tempranos.

En cuanto al Laboratorio Departamental de Salud Pública de Boyacá, se han realizado mejoras continuas de gran valor en su infraestructura y el desarrollo de sus procesos. La incorporación de técnicas avanzadas de biología molecular y equipos especializados que permiten una mejor gestión y respuesta a grandes volúmenes de muestras y resultados más rápidos a la hora de una emergencia sanitaria. La automatización e implementación de biotecnologías dentro de la toma de muestras y extracción para la PCR también forman parte de la eficiencia y la seguridad en el diagnóstico.

La pandemia ha acelerado la búsqueda, investigación e innovación de las tecnologías para la adopción de nuevas herramientas, aplicaciones y avances dentro de la biotecnología en todas las áreas en general, con el fin de lograr desarrollar y aplicar técnicas en cada proceso que realizan estos dos laboratorios en pro de mejorar cada día, demostrando la superación de los desafíos sin precedentes

que se enfrentaron durante la pandemia del COVID-19 y que se sigue creando, avanzando, experimentando e investigando en la búsqueda de las diversas respuestas al mundo al cual estamos enfrentados en esta época actual. Las experiencias de Laboratorios Carvajal y del Laboratorio Departamental de Salud Pública, resaltan la gran importancia de la innovación continua en la biotecnología para mejorar la respuesta a emergencias sanitarias y el fortalecimiento de la capacidad de diagnóstico en tiempos de crisis.

Dentro del proceso de la investigación, la biotecnología juega un papel importante y principal para todas y cada una de las instituciones dedicadas al campo de la salud. En esta área en la que se realizan estudios permanentes para determinar y facilitar el diagnóstico oportuno y la prevención de patologías, cada miembro del personal en su rol, hace parte de un control interno en el cual se cuenta con vigilancia rigurosa sobre el consumo de agua, alimentos, enfermedades de transmisión sexual, parásitos, virus, entre otros, dentro de cada institución, evitando así cualquier tipo de propagación.

En tiempos de pandemia, para el personal que trabajaba en estos laboratorios, se implementaron todas las normas de protección y bioseguridad de manera estricta y rigurosa, que reducían la exposición a riesgos biológicos, patológicos y microbianos, mejorando la eficiencia del servicio y salvaguardando la vida de ellos y sus familias. En general se tuvieron en cuenta los avances biotecnológicos para estar a la vanguardia durante todo el proceso de emergencia sanitaria.

Con la noticia de la posible aparición del COVID-19 se observó la falta de preparación y de habilidades, que no se preveían con anticipación, ya que se habló de diferentes formas, técnicas, lineamientos para enfrentar la pandemia, pero solo cuando se dio el inicio y la aparición dentro de nuestro país y en nuestro departamento específicamente, se logró dar libertad al uso y acceso a los avances Biotecnológicos y así llegar a alcances innovadores, superando las dificultades y derribando todas las barreras presentadas, dentro de las cuales fue necesario adoptar una infraestructura específica y acorde con las necesidades, de manera contra reloj y que hoy en día se encuentra a la vanguardia de los laboratorios a nivel nacional. Ante esta situación Carvajal Laboratorios fue pionero en biotecnología y bioseguridad, ya que a nivel general la adaptación a las nuevas tecnologías se dio casi de inmediato, ya que todos estaban expuestos al virus.

Como se ha venido hablando dentro de este capítulo se debe resaltar la gran importancia y el papel fundamental que se le ha brindado a las nuevas tecnologías, estudio y desarrollo de las diferentes técnicas, proyectos, desarrollos, investigaciones, estudios, hipótesis, notas, información y documentación a aquellos semilleros de investigación que encontramos dentro de nuestro departamento, resaltando el

trabajo que se continúa elaborando en conjunto con las diferentes entidades de todas las áreas. La biotecnología debe ser llevada a otro nivel en el cual no solo sea un tema para áreas específicas como la salud, ya que, aunque ya se viene implementando en el tema de la alimentación, bebidas, dentro de un mundo en el cual el crecimiento de la población es progresivo y los recursos son limitados, la biotecnología es la principal herramienta de desarrollo.

¿CÓMO PODEMOS APLICAR LA BIOTECNOLOGÍA EN EL ESTUDIO DE LOS MICROORGANISMOS?

“La biodiversidad de los microorganismos es única en el planeta ofreciendo un gran potencial de exploración enfocado hacia la salud y la agricultura resolviendo problemas de escases de medicamentos, control de plagas, biodegradación y tratamiento de algunas enfermedades”. (Ortiz et al., 2019, p.129). En este sentido la aplicación de técnicas biotecnológicas en microorganismos desarrolla reacciones metabólicas con un rendimiento mayor acompañado de modificaciones físico-químicas dentro de una biología molecular, garantizando el control biológico de una enfermedad, producción de vacunas partiendo del ADN o ARN proveniente de una bacteria portadora de un gen o antígeno que ayuda al sistema inmunológico, lo que le permite un crecimiento y adaptación más rápidos y contribuyendo a una mejor sostenibilidad, siendo cultivados en medios gelatinosos y homogéneos de forma mixta, mediante espectrometría de masas lo que arroja propiedades antitumorales y citotóxicas, anti colesterol e inmunodepresores, alcanzando un avance en las ciencias de la salud.

A partir de ahí encontramos cómo las bacterias fueron el primer grupo de microorganismos en colonizar la tierra, adaptándose a cualquier ambiente, luego encontramos hongos, parásitos y virus, logrando identificar en ellos una variedad funcional y estructural, determinando tanto un tamaño como una adaptación metabólica con base en su material genético, que en algunos casos conlleva a una resistencia y respuesta inmunitaria dando una clasificación por riesgos: riesgo I, en el cual los microorganismos no son causantes de enfermedades, riesgo II, aquí los microorganismos causan enfermedades moderadas a la persona y animales y hay la posibilidad de un tratamiento, riesgo III, con microorganismos capaces de producir serias enfermedades, dando como tratamiento base antimicrobianos y antiparasitarios y el riesgo IV en donde ya la enfermedad es crónica e irreversible y el tratamiento puede tener efecto en algunos casos y en otros no, ocasionando una propagación de probabilidad muy alta.

De la misma manera los microorganismos se agrupan numéricamente de acuerdo con una semejanza establecida con ciertas características, conformando cepas que constituyen el género y la especie dentro de unos niveles taxonómicos,

siendo tanto procariotas como eucariotas, los cuales se someten a estudios en donde se realizan experimentos, pruebas y técnicas que ayudan a la ciencia y la medicina a conocer qué especie microbiana está causando cierta patología permitiendo dar un tratamiento eficaz. Existen bases de datos microbianas que facilitan la búsqueda de esta información, enriquecidas por varias fuentes como artículos, revista indexadas, libros electrónicos y análisis científicos a nivel nacional e internacional dando una secuencia y continuidad que fortalece los estudios más recientes.

Por consiguiente, “los microorganismos participan en procesos ecológicos que permiten el funcionamiento de ecosistemas y biotecnológicamente son esenciales en la industria farmacéutica, alimenticia y médica”. (Montaño et al., 2010, p.19). Estos autores plantean que la biotecnología ofrece herramientas innovadoras que detectan y previenen algunas enfermedades, determinando la producción de anticuerpos y creando una evolución avanzada, según varios conocimientos aportados desde la bioquímica, física, farmacia, genética e inmunología, introduciendo un diagnóstico rápido y preciso, dentro de un estudio molecular, que determina las alteraciones celulares tempranamente, maximizando su respuesta bajo nuevas técnicas seguras, sin la necesidad de metodologías complejas y aumentando la resistencia de los organismos ante agentes patógenos. También se cuenta con una capacidad biotransformadora que reduce la concentración y la toxicidad en ciertos agentes contaminantes como los xenobioticos producidos en las actividades industriales quienes presentan cierta dificultad para ser biodegradados.

De igual forma, los microorganismos hacen parte de la biotecnología vegetal asociada a la agricultura en el cultivo y comercialización de transgénicos, generando nuevas tecnologías que se combinan con métodos de siembra y cosecha sin perder de vista la sostenibilidad en distintas condiciones y ambientes, algunos sometidos a condiciones extremas tanto de temperatura como de PH y conformando una biomasa en el biosuelo marino y terrestre, determinando su tamaño, crecimiento y gran capacidad de adaptación. Dentro de sus procesos se encuentra la meta genómica, la cual determina secuencias que permiten entender la diversidad de estructuras y poblaciones determinadas por fenotipos específicos, estabilizando macromoléculas, enzimas y protectores celulares.

En el campo de la medicina, encontramos microorganismos patógenos que afectan la salud humana principalmente bacterias y virus, causantes de una elevada mortalidad, lo cual se debe a una interacción compartida en la alimentación, el agua y condiciones ambientales que los propagan con mayor facilidad.

Desde el Laboratorio Departamental de Salud Pública de Boyacá se han desarrollado proyectos basados en la atención a enfermedades asociadas a patógenos microbianos, involucrando como área importante la biología molecular, en la cual se

desarrollaron avances biotecnológicos importantes dando una confiabilidad en los resultados. Para ello contaron con el apoyo de algunas universidades, por medio de sus grupos de investigación y la gobernación, generando recursos que permitieron un mejoramiento en la infraestructura y adquisición de algunos equipos, dando un tratamiento oportuno a las muestras que llegaban de COVID-19 así como de Monkeypox, Chagas y tuberculosis, mostrando que sin la biotecnología seguiríamos enfrascados en tiempos pasados.

Por otro lado en Carvajal Laboratorios se realizó el diseño de una infraestructura llamada laboratorio BSL3, que cuenta con distintos niveles y condiciones de bioseguridad en techos y paredes amigables con el medio ambiente, teniendo una tecnología avanzada e innovadora en equipos y técnicas de manejo, destinando dos cuartos, uno de micobacterias y otro para microbiología, brindando un mejor sistema de calidad y con altos estándares en la obtención de resultados precisos y confiables, siendo evaluados por un médico internista. Allí se capacita al personal constantemente para realizar los procedimientos y protocolos apropiados, combinando las herramientas tecnológicas con los conocimientos adquiridos sobre los microorganismos y trabajando con patógenos de alta complejidad, virus, bacterias y hongos, siendo una herramienta significativa en el tratamiento, manejo y aplicación de vacunas y medicamentos, encaminados hacia una biotecnología moderna, que elimina o mejora los síntomas de algunas enfermedades.

BIOTECNOLOGÍA VERDE, UN CAMPO DE CRECIMIENTO AGROALIMENTARIO

La biotecnología verde o llamada también biotecnología ambiental o agrícola es un área que se ha venido desarrollando con el tiempo, como aplicación dentro del campo de la agricultura, nuevos cultivos y desarrollo agroalimentario, enfocándose en el uso de organismos vivos y sistemas biológicos para resolver problemas ambientales, con soluciones innovadoras, que puedan transformar los cultivos y los conviertan en alimentos, por tal razón podemos encontrar como un gran ejemplo los cultivos transgénicos, que son aquellos que se modifican por medio de la ingeniería genética, introduciendo uno o varios genes de otras especies.

Estos cultivos cuentan con nuevas especies con características mejoradas, buscando que dentro de su cultivo y desarrollo puedan enfrentar diferentes retos y sean más fáciles de obtener en cuanto a cuidado e inversión, que sean fuertes ante plagas y enfermedades, para reducir la necesidad del uso de pesticidas y su crecimiento sea más rápido. En nuestro país, en la actualidad encontramos algunos de estos cultivos en variedad de maíz y algodón, que resisten a insectos dañinos. También encontramos biofertilizantes como otra alternativa nueva dentro de la

biotecnología, a diferencia de los pesticidas químicos, estos están compuestos por microorganismos naturales por lo tanto son menos agresivos con el medio ambiente y ayudan de una mejor manera a los cultivos.

Se habla de biotecnología verde a la forma en que los cultivos cambian, se adaptan a diversas condiciones y a diferentes ambientes, climas y ecosistemas, para mejorar, para poder sobrevivir en escenarios no esperados, como las zonas áridas y los suelos salinos y así asegurar alimentos en regiones afectadas por el cambio climático. También aborda la biorremediación, proceso en el cual intervienen microorganismos que eliminan contaminantes del agua y el suelo, es decir que con este tipo de tecnología se pueden tratar aguas con diferentes agentes que son capaces de transformar aquellas contaminadas en entornos saludables para la vida silvestre en general. Todo ello con la finalidad de reducir los impactos negativos que se presentan en el ambiente, creando estrategias que reducen la contaminación ambiental y por supuesto mejorando la salud humana.

La biotecnología verde también transforma entornos, como una estrategia que ayuda en el aumento de nutrientes esenciales, desarrolla una gran variedad de cultivos necesarios para la nutrición y la salud a nivel mundial, aunque los diferentes requerimientos económicos y científicos, sean muy altos. Esta tecnología está apareciendo y creciendo en varias áreas del conocimiento, una de las más importantes es la agricultura, el sector agroalimentario, que cada día tiene un nuevo reto que cumplir para crear y fortalecer los avances futuros. La biotecnología verde va en desarrollo al mismo ritmo en el cual crece a nivel global.

Dentro de las entrevistas realizadas, se abordó la biotecnología aplicada a la agricultura, en la cual el grupo de investigación Bioplasma de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, se ha enfocado en el desarrollo y mejoramiento de cultivos, por medio de la aplicación de la biotecnología en las diferentes áreas, se encargan del uso y aplicación de microorganismos para garantizar alimentos de alta calidad, en donde lo principal es la capacitación y estudio de los agricultores, en los avances y nuevas tecnologías de desarrollo dentro de la agricultura, siendo una aplicación de la biotecnología para evitar y solucionar los problemas a los cuales se enfrentan las plantas y los cultivos de forma permanente.

El grupo de investigación encabezado por la bióloga Angela Valdivieso, fue fundado hace más de 30 años y es uno de los institutos reconocidos por Colciencias, está enfocado en la biotecnología vegetal, con proyectos de conservación, mejora de cultivos y reducción de contaminantes para el medio ambiente.

Este tipo de tecnología utiliza herramientas biotecnológicas avanzadas, en cuanto al uso de microorganismos benéficos para las plantas. Para poder comprender la temática de la biotecnología verde, encontramos el trabajo realizado con cultivos para

el desarrollo y crecimiento vegetal y la educación a los cultivadores y su producción en laboratorios, para posteriormente ser transportados al campo y llevar a cabo la producción en masa de diferentes especies.

Se evidenció que, para el ingreso al laboratorio de cultivos, se lleva un seguimiento y control de bioseguridad riguroso, con el fin de asegurar la calidad y evitar las enfermedades en las plantas. Por otra parte, es de admirar el uso de técnicas avanzadas para lograr la climatización y manejo aséptico de las plantas, lo cual hace parte del primer paso dentro del laboratorio y la siguiente etapa según su evolución es la siembra.

Las investigaciones que se realizan, son comunicadas en congresos, publicaciones, programas de radio y diferentes actividades educativas con la comunidad, sin embargo, aunque sean divulgadas, no se logra captación a niveles de mayor importancia para estas investigaciones, siempre se busca mayor apropiación social de los avances científicos.

Esta investigación es muy innovadora, tiene alianzas con universidades, redes de investigación, entidades nacionales e internacionales, trabaja y busca apoyo de otras instituciones como la Universidad de los Ángeles de Florida y la Red mexicana de bioinformática. Lo que siempre se ha buscado con este trabajo es promover las prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, el uso de los biopesticidas y bioinsumos, educando a los agricultores sobre el uso de las biotecnologías para el mejoramiento de la vida humana y cubrir las necesidades que nacen cada día con el desarrollo y la evolución del mundo.

El grupo cuenta con semilleros de investigación, en los cuales se incluyen estudiantes de pregrado y posgrado, docentes de las áreas de biología e ingeniería agronómica, enfocados en la formación de nuevos investigadores y la elaboración de propuestas y convenios. Durante la observación realizada se pudo evidenciar el trabajo de cultivos sobre tejido vegetativo in vitro, incluyendo la siembra, cosecha, mantenimiento y análisis molecular.

El laboratorio ofrece diferentes servicios, únicos en la región, beneficiando a la comunidad universitaria y local, con la investigación aplicada a la biotecnología, que se sabe es uno de los más grandes avances que el mundo está aplicando a todas las áreas de la vida y desarrollo de la humanidad.

La biotecnología verde es una de las implementaciones de mayor importancia para la humanidad, ya que es una de las formas de desarrollo hacia el futuro, es una herramienta primordial para acabar con tantas necesidades nutricionales, alimentarias y de desarrollo para las ciudades, es una lucha en contra de los cambios climáticos y los problemas medio ambientales a los que se enfrentan las sociedades y la agricultura.

CONCLUSIONES

La biotecnología es la aplicación de la ciencia y la tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos para alterar materiales vivos o no vivos para la producción de conocimiento, bienes y servicios que benefician a la sociedad. Precisamente, esta rama de la ciencia fusiona dos de las áreas más relevantes que pueden proporcionar herramientas valiosas para ayudarnos hoy más que nunca a demostrar la importancia de la ciencia, la investigación y el desarrollo y la fusión con las tecnologías que ofrece la biotecnología para solucionar la crisis del sistema de salud que afecta a nuestra sociedad colombiana.

La biotecnología ofrece avances en diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, lo que puede mejorar la eficiencia y calidad del sistema de salud. En este contexto, la biotecnología juega un papel fundamental al proporcionar herramientas innovadoras para abordar los desafíos en el sistema de salud. Por ejemplo, la producción local de medicamentos biotecnológicos puede reducir costos y aumentar el acceso a tratamientos de alta calidad para la población colombiana.

Además, la biotecnología puede contribuir a la prevención, detección temprana y control de enfermedades como el Parkinson, a través de pruebas genéticas, biomarcadores, la aplicabilidad a nivel computacional o de la bioinformática, lo que podría ayudar a reducir la carga de enfermedades crónicas en el sistema de salud.

Las nuevas tecnologías médicas se incorporan de forma progresiva en la asistencia sanitaria, creando una vinculación en las políticas en salud de Colombia e implicando unos costos que los actores políticos sanitarios deben controlar de forma adecuada dentro de un entorno concreto, teniendo en cuenta que las inversiones son grandes y no compensan los avances con los resultados obtenidos, en ocasiones por falta de apoyo al campo investigativo, que conduce al no cumplimiento de criterios de seguridad y efectividad y encontrando algunas falencias de cobertura especialmente en aquellas zonas de difícil acceso.

Otro aspecto a tener en cuenta es la falta de profesionales capacitados en el manejo y aplicación de herramientas, equipos y software enfocado a la biotecnología, para lo cual se requieren capacitaciones y aportes en estas áreas de tanto impacto a nivel mundial.

La biotecnología aplicada a las diversas áreas es la herramienta de mayor fortaleza que puede el mundo desarrollar y mejorar.

REFERENCIAS

Burbano Valdivieso, A.S. (17 de mayo 2023). Entrevista realizada en el marco del proyecto de investigación SGI 3399 de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por parte de Martha Lucía Rueda Vargas y Ariana Marcela Avella Rocha.

Carrasquilla-Gutiérrez G. (2023). Reforma al sistema de salud colombiano. *Medicina*, 45 (1), 58-60. Disponible en: <https://revistamedicina.net/index.php/Medicina/article/view/2216/2894>

Cota-Coronado, J; Sandoval-Ávila, S; Gaytan-Davila, Y; Díaz, N; Vega-Ruiz, B; Padilla-Camberos, E y Diaz-Martinez, N. (2020). Nuevos modelos transgénicos para el estudio de la enfermedad de Parkinson basados en sistemas de edición con nucleasas. *Neurología*, 35(7), 486-499. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2017.08.009>

López Valiente, F.S. (27 de Julio 2023). Entrevista realizada en el marco del proyecto de investigación SGI 3399 de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por parte de Martha Lucía Rueda Vargas y Ariana Marcela Avella Rocha.

Lorenzo Salamanca, H y Guio Maecha, E. (27 de Julio 2023). Entrevista realizada en el marco del proyecto de investigación SGI 3399 de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por parte de Martha Lucía Rueda Vargas y Ariana Marcela Avella Rocha.

Martínez-Fernández, R; Gasca-Salas, C; Sánchez-Ferro, A y Ángel-Obeso, J. (2016). Actualización en la enfermedad de Parkinson. *Medica Clínica Condes*, 27(2), 363-373. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.06.010>

Medina Alfonso, M.I. (11 de mayo 2023). Entrevista realizada en el marco del proyecto de investigación SGI 3399 de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por parte de Martha Lucía Rueda Vargas y Ariana Marcela Avella Rocha.

Montaño, N; Sandoval, A; Camargo, S y Sánchez, J. (2016). Los microorganismos pequeños gigantes. *Ciencia y Cultura*, 17(77), 15-23. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>

Ostos Ortiz, O.L, Rosas Arango, S.M., y González Devia, J.L. (2019). Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos. *Nova*, 17(31), 129-163. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S179424702019000100129&lng=en&lng=es

Rodríguez, A. G., Aramendis, R. H., Deana, A., García, R., & Pittaluga, L. (2020). El aporte de la biotecnología médica frente a la pandemia de COVID-19 y lecciones para su desarrollo mediante las estrategias nacionales de bioeconomía: estudios de caso de Colombia, Costa Rica y el Uruguay. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46533/S2000656_es.pdf?sequence=1

Segura-Chaverri, M; Sánchez-Zúñiga, K; y Garro-Monge, G. (2022). El rol de la biotecnología en tiempos de COVID-19. *Tecnología en Marcha*. 35. 15-24. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v35i5.5663>