

CONSEJO ACADÉMICO

ACUERDO No. 331

12 JUL 2021

"POR MEDIO DEL CUAL SE APRUEBA EL PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA DEL DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS".

El Consejo Académico de la Universidad del Quindío, en ejercicio de sus Facultades legales y estatutarias, especialmente las conferidas por la Ley 30 del año 1992 y el Acuerdo del Consejo Superior No. 028 del 28 de julio del año 2016 "Proyecto Educativo Uniquindiano", Y

CONSIDERANDO:

- A. Que la Constitución Política de Colombia en el artículo 69 señala: "Se garantiza la autonomía universitaria. Las Universidades podrán darse sus directivas y regirse por sus propios estatutos, de acuerdo con la ley".
- B. Que, a través de la autonomía, las universidades pueden cumplir la misión y objetivos que les son propios y contribuir al avance y apropiación del conocimiento fortaleciendo el Derecho Universitario.
- C. Que la Ley 30 de 1992 por la cual se organiza el servicio público de educación superior, reconoce en su artículo 28 que es un ejercicio propio de las instituciones de educación superior, el organizar las actividades de formación y el crear y desarrollar sus programas académicos.
- D. Que mediante el Decreto 1075 de 2015, Único Reglamentario del Sector Educación, el Ministerio de Educación Nacional - MEN - establece las normatividades para los programas de posgrado en las universidades colombianas y el Decreto 1330 de 2019 sustituye el Capítulo 2, Título 3, Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015, en el que se describen las condiciones de calidad para el otorgamiento y renovación del registro calificado de los programas académicos de las universidades colombianas.
- E. Que mediante el Decreto 1330 del 25 de julio de 2019 de acuerdo a las condiciones de calidad para el otorgamiento y renovación del registro calificado de los programas académicos de las universidades colombianas, específicamente las conferidas en el Artículo 2.5.3.2.3.2.4. Aspectos curriculares: La institución deberá diseñar el contenido curricular del programa según el área de conocimiento y en coherencia con las modalidades (presencial, a distancia, virtual, dual u otros desarrollos que combinen e integren las anteriores modalidades), los niveles de formación, su naturaleza jurídica, tipología e identidad institucional. El cual deberá contar, por lo menos con: a) Componentes formativos, b) Componentes pedagógicos, c) Componentes de interacción, d) Conceptualización teórica y epistemológica, e) Mecanismos de evaluación.
- F. Que el Artículo 2.5.3.2.10.2 del Decreto 1330 del 2019 indica que cualquier modificación que afecte las condiciones de calidad del programa debe informarse al Ministerio de Educación Nacional, previa justificación y aprobación por el órgano competente de la Institución.
- G. Que el Ministerio de Educación Nacional mediante Resoluciones No. 10544 del 14 de julio de 2015 y 14343 del 6 de octubre de 2015 código SNIES 54197, aprobó la Renovación del Registro Calificado para el Programa Académico de Posgrado Doctorado en Ciencias Biomédicas, en Convenio con la Universidad de Caldas, Universidad del Tolima y Universidad Tecnológica de Pereira (UTP).
- H. Que la Universidad del Quindío, según el Acuerdo del Consejo Superior No. 029 de julio 28 de 2016, establece las políticas, normas e instancias para la creación y renovación de plan de estudios de los programas.

CONSEJO ACADÉMICO  
ACUERDO No. 331

12 JUL 2021

"POR MEDIO DEL CUAL SE APRUEBA EL PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA DEL DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS".

- I. Que el Acuerdo del Consejo Académico 106 del 07 de junio de 2017, "Por medio del cual se aprueba el proyecto educativo del programa académico de Doctorado en Ciencias Biomédicas".
- J. Que producto del proceso de adecuación curricular, procesos pedagógicos y didácticos, para armonizar los lineamientos emanados del Decreto 1330 y la Política Académico Curricular de la Universidad del Quindío, se hace necesario modificar los componentes de formación que direccionan o establecen los lineamientos de formación con un enfoque de competencias y resultados de aprendizaje de los Programas académicos.
- K. Que el Consejo Curricular del Programa Académico de Doctorado en Ciencias Biomédicas en sesión del día 21 de enero del año 2021, Acta 06 del día 13 de abril 2021, avaló la propuesta de Acuerdo, "Por medio del cual aprueba el Proyecto Educativo del Programa académico de Doctorado en Ciencias Biomédicas" y recomendó continuar los trámites administrativos respectivos.
- L. Que el Consejo de Facultad de Ciencias de la Salud avaló la propuesta de Acuerdo "Por medio del cual aprueba el Proyecto Educativo del Programa académico de Doctorado en Ciencias Biomédicas", en sesión ordinaria celebrada el día 16 de abril del año 2021, según Acta No. 11 y su recomendación al Consejo Académico.
- M. Que el Comité Coordinador del Doctorado en Ciencias Biomédicas avaló la propuesta de Acuerdo, "Por medio del cual aprueba el Proyecto Educativo del Programa académico de Doctorado en Ciencias Biomédicas", según Actas No. 09 y 10, en sesiones ordinarias celebradas los días 14 y 20 de mayo del año 2021.
- N. Que el Comité Central de Posgrados avaló la propuesta de Acuerdo, "Por medio del cual aprueba el Proyecto Educativo del Programa académico de Doctorado en Ciencias Biomédicas", en sesión ordinaria celebrada el día 19 de mayo del año 2021, según Acta No. 03 y recomendó que se lleve al Consejo Académico.
- O. Que el Consejo Académico en sesión celebrada el día 2 de julio año 2021, después de estudiar y analizar el proyecto de Acuerdo: "Por medio del cual se aprueba el Proyecto Educativo del Programa del Doctorado en Ciencias Biomédicas", en Convenio con la Universidad de Caldas, Universidad del Tolima y Universidad Tecnológica de Pereira (UTP).

Que, por lo anteriormente expuesto,

**ACUERDA:**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Aprobar el Proyecto Educativo del Programa – PEP del Programa Académico de Posgrado Doctorado en Ciencias Biomédicas, en Convenio con la Universidad de Caldas, Universidad del Tolima y Universidad Tecnológica de Pereira (UTP).

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El documento "Proyecto Educativo del Programa – PEP del Programa Académico de Posgrado Doctorado en Ciencias Biomédicas, en Convenio con la Universidad de Caldas, Universidad del Tolima y Universidad Tecnológica de Pereira (UTP)" hace parte integral de este Acuerdo con 51 folios.

**ARTÍCULO TERCERO:** El Consejo Curricular del programa del Doctorado en Ciencias Biomédicas, será el responsable de la ejecución del Proyecto Educativo del Programa (PEP), en el marco de las disposiciones institucionales.

CONSEJO ACADÉMICO

ACUERDO No. 331

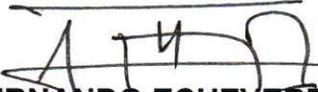
12 JUL 2021

"POR MEDIO DEL CUAL SE APRUEBA EL PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA DEL DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS".

**ARTÍCULO CUARTO:** El presente Acuerdo rige a partir de la fecha de su expedición y se deroga todo lo demás que le sea contrario, en especial el Acuerdo del Consejo Académico 106 de 07 de junio de 2017.

**PUBLÍQUESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE**

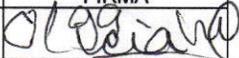
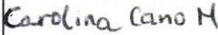
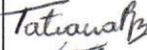
Dado en Armenia, Quindío, a los 12 JUL 2021



**JOSÉ FERNANDO ECHEVERRY MURILLO**  
Presidente



**CLAUDIA PATRICIA BERNAL RODRIGUEZ**  
Secretaria General

	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA
PROYECTÓ Y ELABORÓ	Olga Alicia Nieto – Coordinadora Programa Doctorado en Ciencias Biomédicas	
REVISÓ	Carolina Cano. Asesora Facultad Ciencias de la Salud. Larissa Tatiana Rico Directora Unidad Curricular Víctor Alfonso Vélez Muñoz - Jefe Oficina Jurídica	  
APROBÓ	José Enver Ayala. Vicerrector Académico	
Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y soportes (de ser el caso) y lo encontramos ajustado en términos técnicos y administrativos; así como a las normas y disposiciones legales vigentes y por lo tanto, bajo nuestra responsabilidad, lo presentamos para la correspondiente firma.		

**DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMEDICAS**

Registro Calificado según Resolución del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN)

**Número 8278 de Diciembre 20 de 2008.**



**UC SNIES 54408**

**UQ SNIES: 54410**

**UTP SNIES: 54197**

**UT SNIES: 54409**

**PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA DEL PROGRAMA – PEP**

**DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMEDICAS**

**Convenio Universidades de Caldas, Quindío,**

**Tecnológica de Pereira y Tolima.**

**PEP 2021 - 2028**

Junio de 2021

## COMITÉ COORDINADOR DOCTORADO EN CONVENIO

Carlos González	Universidad de Caldas
Olga Alicia Nieto	Universidad del Quindío
Juan Carlos Sepúlveda	Universidad Tecnológica de Pereira
Gustavo Vallejo	Universidad del Tolima
Gonzalo Taborda	Representante de Profesores
Hamilton Barbosa	Representante de Estudiantes
Juan Camilo Guerrero	Representante de Estudiantes
Leonardo Padilla Sanabria	Representante de Egresados

## COMITÉ RECTORAL

Alejandro Ceballos Márquez	Universidad de Caldas
José Fernando Echeverry Murillo	Universidad del Quindío
Luis Fernando Gaviria Trujillo	Universidad Tecnológica de Pereira
Omar Mejía Patiño	Universidad del Tolima

## Contenido

PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA DEL PROGRAMA – PEP .....	1
DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMEDICAS .....	1
PRESENTACIÓN .....	5
1. IDENTIDAD DEL PROGRAMA .....	6
Información general del programa.....	6
Denominación: Doctorado en Ciencias Biomédicas .....	8
Tradición y contexto histórico.....	9
2. JUSTIFICACION DELPROGRAMA .....	10
El estado de la educación en el área del programa.....	11
Oferta regional y nacional.....	12
Oportunidades de desarrollo socioeconómico y tecnológico .....	13
Desafíos del programa – Necesidades de la región y del país.....	14
Modalidad y lugares de desarrollo del programa .....	19
Potencial profesional de los egresados.....	19
Justificación de la modalidad y lugares de desarrollo.....	19
Características diferenciales y similares del programa.....	20
Elementos que identifican al programa como investigativo .....	21
Aportes y logros del programa.....	21
Problemáticas sobre las cuales trabajan los grupos de investigación .....	22
3. RETO FORMATIVO Y ASPECTOS CURRICULARES .....	28
Propósito general del programa.....	28
Misión del programa.....	28
Resultados de aprendizaje.....	29
El plan de estudios.....	34
El componente pedagógico.....	34

Conceptualización teórica y epistemológica del programa .....	34
4. ESTRUCTURA CURRICULAR Y COMPONENTES DE FORMACIÓN .....	36
La estructura curricular .....	36
Resultados del uso de los ambientes de aprendizaje (físicos y virtuales).....	41
Componentes de interacción.....	42
Escenarios de práctica.....	43
Estrategias de seguimiento al proceso formativo.....	43
El componente de interdisciplinariedad.....	44
Componente de interacción - Internacionalización del currículo .....	44
5. GESTIÓN Y CALIDAD ACADÉMICA DEL PROGRAMA.....	45
Autoevaluación y mejoramiento del programa .....	45
Caracterización de los estudiantes:.....	46
Caracterización de los docentes.....	46
Fortalecimiento de las condiciones académicas .....	47
Seguimiento a la implementación de los resultados de aprendizaje.....	48
Lineamientos para seguimiento a egresados.....	49
REFERENCIAS BILIOGRAFICAS.....	50

## **PRESENTACIÓN**

El presente documento contiene el Proyecto Educativo del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas, PEP, 2021 - 2028. El cual se enmarca dentro de los Proyectos Educativos de las respectivas Facultades en las cuales se encuentra inscrito en cada una de las Universidades participantes y sus Proyectos Educativos Institucionales. Este PEP está pensado y creado con base en las dinámicas de las disciplinas que hacen parte del Doctorado en Ciencias Biomédicas. El currículo es concebido como un proceso de formación y producción de saberes en un contexto de interdisciplinariedad y la proyección social, como desarrollo y aplicación de conocimiento derivado de la articulación Docencia Investigación

Con este documento se evidencia la revisión del Proyecto Educativo del Programa en el contexto de la Renovación del Registro Calificado, con el fin de propiciar un mejoramiento continuo de la calidad del servicio educativo que se ofrece.

## 1. IDENTIDAD DEL PROGRAMA

### Información general del programa

**Tabla 1.** Información general del Doctorado en ciencias Biomédicas en convenio con las Universidades de Caldas, Tecnológica de Pereira y Tolima.

Institución	Universidad de Caldas, Universidad del Quindío, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad del Tolima.
Institución acreditada	Universidad de Caldas (Resolución 17202 del 24 Octubre de 2018). Universidad del Quindío (Resolución 3902 del 7 Marzo de 2018). Universidad Tecnológica de Pereira (Resolución 6189 del 22 de Mayo de 2013). Universidad del Tolima (Resolución 013189 del 17 de Julio de 2020).
Nombre del programa	Doctorado en Ciencias Biomédicas.
Título a otorgar	Doctor en Ciencias Biomédicas.
Objeto de estudio	Ciencias básicas orientadas o aplicadas a problemas relacionados con la salud, el bienestar y la enfermedad, es decir a la medicina tanto humana como animal.
Ubicación	Manizales, Pereira, Armenia, Ibagué, Colombia.
Ampliación	NO
Nivel del programa	Doctorado.
Modalidades	Presencial
Campo amplio	Ciencias de la Salud
Campo detallado	Ciencias Biológicas y Afines
Campo específico	Ciencias Biomédicas
Metodología	Presencial
Duración estimada del programa	7 años.
Número de créditos académicos	90.
Número de estudiantes en el primer periodo	12 por universidad
Periodicidad de la admisión	Anual.
Jornada	Diurna.
Dedicación	Tiempo completo.
Instancia que expide la norma	Acuerdo del Consejo Superior

Número y fecha del acuerdo	<p>Acuerdo del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica de Pereira No. 053 del 5 de diciembre de 2006.</p> <p>Acuerdo del Consejo Superior No. 029 de diciembre 21 del 2006 de la Universidad de Caldas.</p> <p>Acuerdo del Consejo Superior No. 005 del 19 de junio de 2007 de la Universidad del Quindío.</p> <p>Acuerdo del Consejo Superior No. 008 de junio 15 de 2007 de la Universidad del Tolima, por medio de los cuales se aprobó el Doctorado en Ciencias Biomédicas.</p>
Teléfono	<p>Universidad del Quindío: 7359374</p> <p>Universidad de Caldas:</p> <p>Universidad Tecnológica de Pereira:</p> <p>Universidad del Tolima</p>
Fax:	
Apartado aéreo:	
E-mail	<p><a href="mailto:doctorado.biomédicas@ucaldas.edu.co">doctorado.biomédicas@ucaldas.edu.co</a>.</p> <p><a href="mailto:doctorado.biomédicas@uniquindio.edu.co">doctorado.biomédicas@uniquindio.edu.co</a></p> <p><a href="mailto:doctorado.biomedicas@utp.edu.co">doctorado.biomedicas@utp.edu.co</a></p> <p><a href="mailto:doctorado.biomedicas@ut.edu.co">doctorado.biomedicas@ut.edu.co</a></p>
Fecha de inicio del programa	Agosto de 2009.
Valor de la matrícula al iniciar	8 (ocho) salarios legales mínimos mensuales vigentes.
El programa está adscrito a la	<p>Facultad de Ciencias para la Salud -Universidad de Caldas.</p> <p>Facultad de Ciencias de la Salud - Universidad del Quindío.</p> <p>Facultad de Ciencias para la Salud - Universidad Tecnológica de Pereira.</p> <p>Facultad de Ciencias Básicas - Universidad del Tolima.</p>
Desarrollado por convenio	Si.
Registro calificado anterior	54408.

## **Denominación: Doctorado en Ciencias Biomédicas**

Como se evidencia a lo largo del documento, la denominación del Doctorado en Ciencias Biomédicas tiene correspondencia con el título que otorga de Doctor en Ciencias Biomédicas, y con el nivel de formación de Doctor; los contenidos curriculares del programa se ajustan a esta denominación y se alinean con el perfil del egresado; lo anterior de acuerdo con la normatividad vigente nacional como la Ley 30 de 1992, el decreto 1075 de 2015 y el decreto 1330 de 2019.

El Doctorado en Ciencias Biomédicas inició actividades en agosto de 2009 con trece estudiantes. Durante esta trayectoria el programa se ha consolidado como líder en la región y el país en las Ciencias Biomédicas. El programa busca formar estudiantes con la capacidad de adelantar investigaciones al interior de grupos y centros de investigación, instituciones de educación superior, instituciones prestadoras de servicios de salud o a nivel de empresas, con el fin de dar solución a problemas regionales y nacionales en salud humana o animal.

El programa curricular del Doctorado en Ciencias Biomédicas se ajusta a los lineamientos pedagógicos estipulados por los Proyectos Educativos Institucionales (PEI) de cada una de las Universidades participantes. Estos PEI han sido actualizados con la participación de la comunidad universitaria, en sintonía con los retos del siglo XXI. En este, las Universidades se comprometen a formar profesionales integrales, críticos, comprometidos con la ciudadanía, la democracia y la sostenibilidad ambiental, en cumplimiento de sus propósitos y funciones misionales de las universidades.

En general, todos los PEI de las universidades participantes en el programa, centran su actividad académica en una sólida formación del estudiante, tanto a nivel humanístico como disciplinar, que las compromete con la formación integral de profesionales en el campo de las Ciencias Biomédicas. El programa, con sus objetivos contribuye al cumplimiento de los propósitos institucionales de formación establecidos en los PEI de las Universidades de Caldas, Quindío, Tecnológica de Pereira y Tolima. Así mismo, el programa se acoge a los Planes de Desarrollo Institucional de las universidades participantes, los cuales determinan las principales apuestas para la generación de capacidades académicas, investigativas, de bienestar, sostenibilidad institucional, extensión y proyección social, que posibiliten la generación de impactos en las Universidades con el contexto regional, nacional e internacional. Adicionalmente, el Programa está enmarcado dentro de las Políticas de Posgrados Institucionales, en términos de calidad, relevancia, interdisciplinariedad, internacionalización y fortalecimiento de la capacidad investigativa. Lo anterior, sustentado en la formación de investigadores en Ciencias Biomédicas, dentro de los esfuerzos que a nivel nacional realizan las universidades para formar personal capacitado que produzca nuevo conocimiento, capaz de ser aplicado a la solución de problemas regionales, nacionales y mundiales en Ciencias Biomédicas. El programa se desarrolla en un área que si bien presenta avances importantes a nivel mundial, en nuestro medio ha tenido avances modestos. Las Ciencias Biomédicas son fundamentales para el desarrollo del país, así como para la solución de múltiples problemas en salud humana y animal. De hecho, la pandemia generada por el COVID-19 ha dejado al descubierto nuestro rezago tecnológico

para la producción de vacunas, lo cual se podría solucionar si se invierte más en Ciencias y Tecnología, así como en la formación de personal capacitado en Ciencias Biomédicas (que incluye a la Biología Molecular y la Biotecnología, pilares para el desarrollo de vacunas).

La denominación del programa se encuentra acorde con las políticas del Ministerio de Educación Nacional, el cual privilegia la denominación genérica para programas de posgrado, y en este sentido, las Ciencias Biomédicas agrupan al conjunto de disciplinas que busca la solución a los problemas de salud a través del desarrollo científico y tecnológico. Como componentes de ellas, se encuentran disciplinas muy diversas tales como la biología molecular, la inmunología, la bioquímica, la microbiología, la física médica, la biofísica y, en general, todas las llamadas ciencias básicas médicas.

### **Tradición y contexto histórico**

El Doctorado en Ciencias Biomédicas surge como consecuencia natural de desarrollo de los grupos de investigación del área de la salud en las universidades del eje cafetero. Como resultado de procesos de integración universitaria regional en 2006 se conforma un grupo de trabajo con docentes de las universidades de Caldas, Quindío y Tecnológica de Pereira, a los cuales se une en 2008 la Universidad del Tolima. En 2009 se presenta la propuesta en conjunto de un Doctorado en Ciencias Biomédicas por cada Universidad, pero compartiendo un mismo Programa y los recursos de docencia y administrativos, lo cual permite una potencialización de recursos, una buena masa crítica de investigadores y pluridisciplinariedad para el Programa. En 2010 se autoriza el Programa con registro individual para cada universidad. En 2013 se sustentan las primeras tesis de Doctorado y se Programa la graduación de los primeros egresados en diciembre de 2013.

En el contexto nacional existen a la fecha del presente documento, 12 programas activos de Doctorado en Ciencias Biomédicas y uno inactivo, con registro calificado en el Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES), todos tienen una duración de 8 semestres. Se hizo una búsqueda de los egresados de las otras universidades y hay 4 Universidades que no tienen información (aparece con cero). Por esta razón se considera que serían 8 programas con información, es decir son sólo 4 universidades con doctorados activos, fuera del nuestro en Convenio: UNAL, Udea, Cartagena y Santander.

Los otros cuatro (4) hacen parte del Convenio del Doctorado en Ciencias Biomédicas, en el cual está la Universidad del Quindío, Caldas, Tolima y UTP.

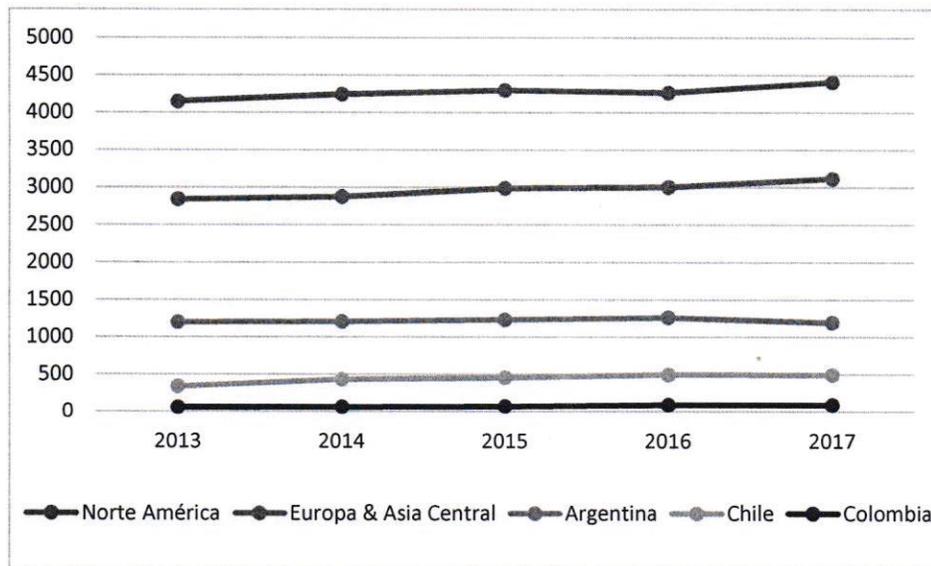
A nivel Internacional, existen Programas con la misma denominación como por ejemplo, el Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (<https://www.pdcb.unam.mx/>), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (<https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-ciencias-biomedicas>), de la Universidad de Chile (<https://www.uchile.cl/postgrados/10285/ciencias-biomedicas>), Universidad de la Laguna en España

([http://www.ull.es/view/centros/medicina/Doctorado\\_en\\_Ciencias\\_Biomedicas/es](http://www.ull.es/view/centros/medicina/Doctorado_en_Ciencias_Biomedicas/es)), Universidad Autónoma de Barcelona (<https://www.uab.cat/web/postgrado/doctorados/todos-los-doctorados/informacion-general/bioquimica-biologia-molecular-y-biomedicina-1345467765424.html?param2=1345662137174>) y Universidad de Southampton en el Reino Unido ([https://www.southampton.ac.uk/medicine/postgraduate/research\\_degrees/degrees/phd\\_biomed\\_cancer\\_pathway.page](https://www.southampton.ac.uk/medicine/postgraduate/research_degrees/degrees/phd_biomed_cancer_pathway.page)), por mencionar algunos.

Finalmente, se resalta que el Doctorado en Ciencias Biomédicas ha permitido generar un alto impacto en la región, como se ha evidenciado, por ejemplo, con el apoyo brindado por docentes, egresados y estudiantes del programa al diagnóstico de la infección por SARS-CoV-2 en los Departamentos de Risaralda, Quindío y Tolima, pruebas realizadas en los Laboratorios de Biología Molecular y Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Pereira, el Centro de Investigaciones Biomédicas en la Universidad del Quindío y el Laboratorio Departamental de Salud Pública del departamento del Tolima.

## 2. JUSTIFICACION DEL PROGRAMA

A nivel general de la ciencia, la necesidad de formar nuevos investigadores científicos profesionales salta a la vista cuando se compara, por ejemplo, el número de investigadores por cada 100.000 habitantes que hay en Colombia, con los que hay en otros países y regiones del mundo, como se aprecia en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Número de investigadores en ciencia por cada 100000 habitantes en Colombia y algunos otros países y regiones. Fuente: Gráfico elaborado con base en datos tomados del Banco Mundial en consulta realizada el 2021/03/11 en la página:  
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?view=chart>

Nuestro país no ha llegado, siquiera, a los 100 investigadores por 100.000 habitantes, mientras que países de Suramérica con un nivel de desarrollo parecido al nuestro están muy por encima en esta cifra. Por demás, la salud se considera un factor crucial en la prosperidad de los países y la investigación en salud es esencial para mejorar la salud global, la equidad y el desarrollo económico (Rahman *et al* 2020).

### **El estado de la educación en el área del programa**

Las Ciencias Biomédicas ocupan un lugar estratégico como área temática para el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país y región, las cuales, en su acepción de origen, agrupan al conjunto de disciplinas que busca la solución a los problemas de salud a través del desarrollo científico y tecnológico. Como componentes de ellas, se encuentran disciplinas muy diversas tales como la biología molecular, la inmunología, la bioquímica, la microbiología, la física médica, la biofísica y, en general, todas las llamadas ciencias básicas médicas. No se incluyen allí disciplinas netamente clínicas, de relación directa con el paciente, aunque se busca que la aplicación final de los hallazgos de las ciencias biomédicas sea el paciente y, por extensión, la comunidad humana en su conjunto. Nuestro ámbito de acción se puede definir, pues, como **ciencias básicas aplicadas** en el ámbito biomédico.

Los avances de los últimos años en Ciencias Biomédicas han sido vertiginosos. La culminación del proyecto Genoma Humano nos ha hecho entrar en la era post-genómica, gracias a los avances en biología molecular y biotecnología, electrónica e ingeniería biomédica y computacional. Las consecuencias sobre la sociedad humana han sido cruciales tanto a nivel económico como social. El avance en esta era post-genómica de las Ciencias Biomédicas hace imperativo que las naciones se apropien de esos conocimientos para ser competitivas y no profundizar dependencias. Es esencial buscar los nichos tecnológicos en los cuales se pueda ser, no sólo consumidores, sino, igualmente, exportadores de conocimiento y tecnología. Estos objetivos, tanto científicos como sociales, hacen necesario contar con un suficiente número de investigadores en estas áreas que apoyen el ecosistema científico y productivo del país.

Recientemente, la pandemia causada por el COVID-19 ha generado nuevos desafíos para las Ciencias Biomédicas dado que cambió la percepción de la salud humana y animal, pues cerca del 75% de las enfermedades infecciosas humanas son de origen zoonótico y alrededor del 90% de las parasitosis son también de origen zoonótico. Por esta razón, las zoonosis han adquirido gran importancia, pues las grandes epidemias y pandemias humanas como los virus de influenza y los coronavirus son zoonóticas. Solamente en los últimos 130 años, la humanidad ha sido afectada por 19 epidemias y pandemias, causadas por virus de influenza (Vargas M.A.2020). De acuerdo a lo anterior, el estudio de la ecología

de las zoonosis ha adquirido gran importancia, en especial los determinantes del surgimiento de epidemias y pandemias, entre los cuales se encuentran el calentamiento global, la reducción preocupante de los recursos hídricos continentales, la pérdida de la biodiversidad, el surgimiento y resurgimiento de nuevas y antiguas enfermedades infecciosas y parasitarias y la seguridad alimentaria entre otros. La transmisión de las enfermedades parasitarias e infecciosas, son afectadas directamente por los cuatro desafíos globales mencionados anteriormente.

Actualmente existen numerosas evidencias sobre el efecto del calentamiento global en la distribución geográfica de los insectos transmisores de parasitosis humanas entre las cuales se encuentran la malaria, las leishmaniasis, la enfermedad de Chagas, los arbovirus y las filariasis, entre otras. Consecuentemente, vectores y enfermedades parasitarias aparecen en nuevas áreas donde no existían registros previos de su transmisión. Por otro lado, la disminución de los recursos hídricos continentales y su contaminación progresiva con desechos domésticos e industriales, cada vez hacen más difícil los procesos de tratamientos de aguas y purificación para consumo humano. Es así como existe un aumento progresivo de la presencia de parásitos y de agentes infecciosos en las aguas de consumo humano, en las aguas utilizadas para riego de hortalizas de cultivos comerciales y adicionalmente en el suelo. Además de los virus, bacterias, y hongos, existen 24 especies de parásitos que son transmitidas por vía oral y producen importantes enfermedades humanas, por esta razón se requiere estrategias de control y vigilancia epidemiológica, para garantizar alimentos seguros, libres de parásitos y agentes infecciosos para la sociedad.

De conformidad con lo anterior, el Ministerio del Medio ambiente y Desarrollo Sostenible, en el año 2020 generó el Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (PENIA) para la década 2021-2030 incluyendo por primera vez los estudios de las zoonosis como línea de investigación prioritaria en Colombia, línea compartida por el Ministerio de Salud y por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. De acuerdo a lo anterior, las Ciencias Biomédicas tendrán grandes desafíos en investigación en Salud para las próximas décadas, por otro lado, existe la tendencia a la fusión de la salud humana y la salud animal como una sola salud (One Health), de manera que las Facultades de Medicina Humana y Medicina Veterinaria deberán abordar proyectos interdisciplinarios especialmente los relacionados con zoonosis de acuerdo con la Organización Mundial de Sanidad Animal y al enfoque multisectorial de la OMS sobre “Una salud” (<https://www.who.int/features/qa/one-health/es/>)

### **Oferta regional y nacional**

En la Tabla 2 se presenta la lista de los programas existentes en Colombia en el área de las Ciencias Biomédicas, indicando la Institución de Educación Superior que ofrece cada uno de ellos, su código SNIES y el nombre del doctorado, ordenada por sector (oficial/privado) y en orden ascendente del código, lo que nos da una idea de la cronología en la cual fueron aprobados los programas, siendo el nuestro el quinto programa creado en el área en el país. Considerando que nuestro programa funciona en Red, hablamos entonces de diez programas en total, lo cual se puede considerar un número relativamente reducido, si se

tiene en cuenta que las ciencias biomédicas juegan un papel amplio en el ámbito de la investigación científica. Es importante señalar que, junto con el programa de la Universidad de Cartagena, nuestro programa es uno de los dos únicos programas en el área que no se ubican en alguna de las cinco ciudades grandes colombianas (Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali o Medellín), y cobija una zona del país con una participación porcentual conjunta en el PIB del 6.1%, para el año 2019, según información del DANE (consulta realizada el 2021-03-11 en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>).

**Tabla 2.** Programas en Ciencias Biomédicas existentes en Colombia a 2021, según información del SNIES (Sistema Nacional de Información en Educación Superior). (Fuente: <https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/programas>)

IES	CÓDIGO	NOMBRE DEL DOCTORADO	SECTOR
Universidad del Valle	670	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad de Antioquia	677	Ciencias Básicas Biomédicas	Oficial
Universidad Nacional de Colombia	52750	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad de Cartagena	53384	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad Tecnológica de Pereira	54197	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad de Caldas	54408	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad del Tolima	54409	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad del Quindío	54410	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad Industrial de Santander	104225	Ciencias Biomédicas	Oficial
Universidad El Bosque	102795	Ciencias Biomédicas	Privado
Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario	105184	Ciencias Biomédicas y Biológicas	Privado
Universidad del Norte	105483	Ciencias Biomédicas	Privado

El Doctorado en Ciencias Biomédicas responde a los propósitos institucionales y sociales, en cuanto a la formación posgradual con marcado énfasis investigativo, aportando a la solución de las problemáticas de la salud y contribuyendo a la transformación de la sociedad. En los siguientes párrafos, se describen aspectos que sustentan la claridad y pertinencia de los objetivos específicos planteados para el proceso formativo de investigadores en Ciencias Biomédicas.

### **Oportunidades de desarrollo socioeconómico y tecnológico**

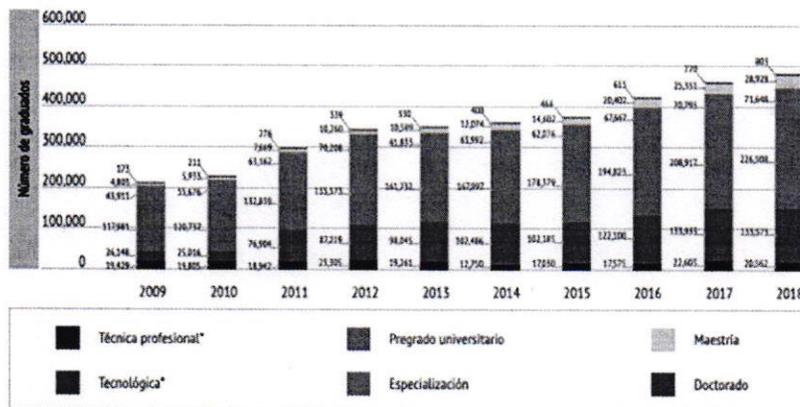
Colombia presenta un gran atraso en cuanto a número de investigadores profesionales formados a nivel doctoral, así como de su producción científica, tanto a nivel general, como, en particular, en el área biomédica, en la cual sólo existe una escasa participación del 13% (RICYT, 2018, citado por CONPES 2020, p. 36). En este mismo documento se señala como, por ejemplo, mientras el promedio de investigadores por cada 1000 (mil) habitantes en la región Latinoamérica y el Caribe era, para el año 2017, de 1,03, en Colombia esta cifra sólo alcanzaba un magro 0,17 (CONPES 2020, p. 35). Otro problema que señala este mismo

documento, consiste en el limitado desarrollo de las capacidades y las actividades de CTI en los departamentos, así como el limitado nivel de cooperación entre ellos, con sólo un 3.7% de los proyectos (13 de 346) aprobados por el Sistema General de Regalías (SGR) entre 2012 y 2018 "...evidenciando un alcance regional al involucrar recursos de más de un departamento..." (p. 53).

### Desafíos del programa – Necesidades de la región y del país

Colombia está lejos de haber desarrollado la capacidad de investigación que requiere. Entre las mayores dificultades detectadas en el Sistema de Ciencia y Tecnología (SCyT), se ha identificado gran escasez de recurso humano para realizar investigación e innovación, lo cual conlleva a una baja capacidad para generar y usar conocimiento en todos los niveles del sistema productivo y de los servicios, convirtiéndose en un impedimento para alcanzar mayores niveles de innovación y productividad.

Entre los factores asociados a esta situación el más importante es el bajo número de programas nacionales en formación avanzada, que se refleja directamente en un bajo número de graduados en universidades colombianas en niveles de maestría y doctorado. De acuerdo con los Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia 2019, en términos de graduados en Instituciones de educación superior en Colombia, en los últimos diez años, se observó un crecimiento del 78% en el número de graduados a nivel de doctorado. Para el año 2018, en el país hubo 803 graduados de doctorado y de estos, solo 87 se graduaron en Universidades del Eje Cafetero, dado que la mayoría de los programas doctorales se encuentran por fuera del Eje Cafetero (ver Tabla 2). Respecto al año 2018, predominó el aumento de graduados en Ingeniería y Tecnología, seguido por las Ciencias Agrícolas y en menor proporción por las Ciencias Naturales y Exactas, y las Ciencias Médicas y de la Salud.



Fuente: Ministerio de Educación Nacional (MEN), Sistema Nacional de Educación Superior (SNIES). Consulta y actualización a noviembre 2019.

Nota: El MEN realiza auditorías periódicas a la información reportada por las IES, esto explica diferencias con los datos suministrados en versiones previas.

\* La variación en el número de graduados para los niveles de técnica profesional y tecnológica obedece a la obtención de registro calificado de programas del SENA.

Cálculos: OCyT

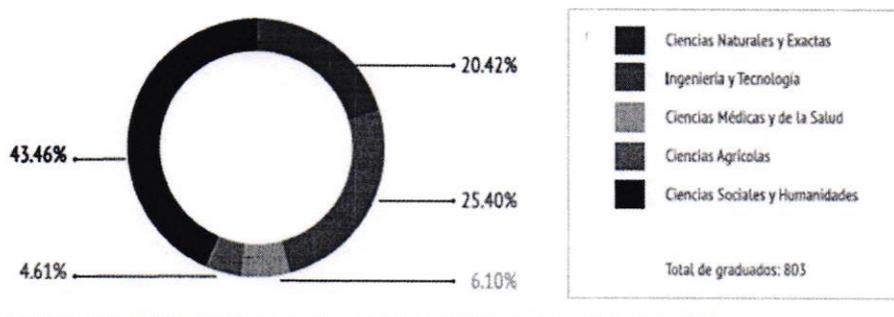
Figura 2. Graduados en Instituciones de Educación Superior (IES) colombianas por nivel de formación, 2009 – 2018.

Fuente: Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia, 2019.

La oferta de capital humano de alto nivel también refleja la capacidad de las IES para formar este tipo de personal. Según el Ministerio de Educación Nacional, el país contaba con 226 programas de doctorado, de los cuales el 2,4% poseían registro de alta calidad en las áreas de Educación, Física y Medicina, ofrecidos por la Universidad de Antioquia; en Agronomía de la Universidad Nacional y en Ingeniería de la Universidad de los Andes (Ministerio de Educación Nacional, 2015), (OCyT, 2014). En la página Web oficial del SNIES figuran 424 programas de doctorado en el país, de los cuales 381 figuran como activos, de los cuales 61 poseen acreditación de alta calidad. (Consulta realizada el 2021-03-17 en la página web: <https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/programas>).

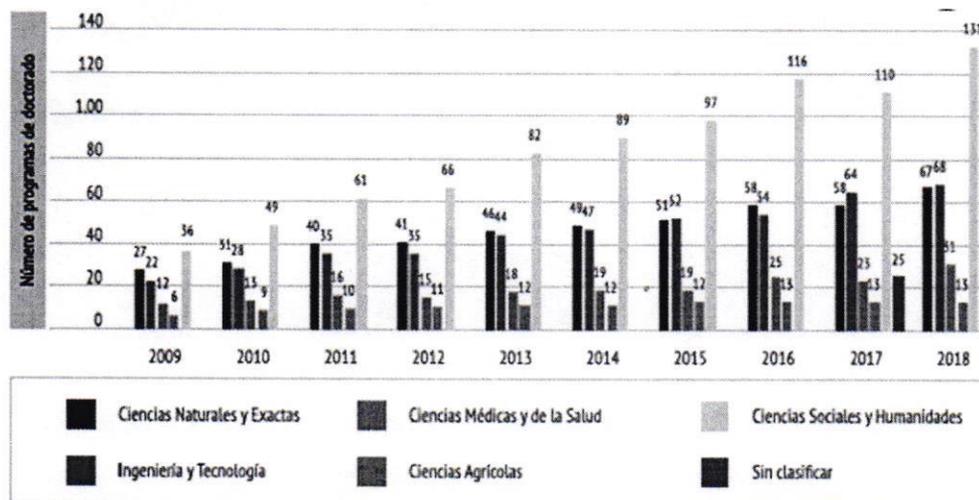
En aras de generar conocimiento, la importancia de estrechar los vínculos entre el sistema educativo y la CyT es innegable. La clave en este proceso es incrementar la cobertura del sistema educativo en todos los niveles, desde la educación inicial hasta la formación doctoral, acompañado de mejoras permanentes en calidad (CONPES 3582, 2009).

Es importante indicar en este momento que en términos de graduados a nivel doctoral en Colombia, con el patrón de crecimiento constante que se ha visto en los últimos diez años, por área OCDE, sobresale el aumento de graduados en las Ciencias Sociales y Humanidades, con una tasa de crecimiento de 84%, seguido por el área de Ingeniería y Tecnología, con un 80%; las Ciencias Médicas y de la Salud y las Ciencias Agrícolas, con un 73% cada una; y, finalmente, las Ciencias Naturales y Exactas, con una tasa de crecimiento del 65%, como se evidencia en la Figura 3. Se requiere incrementar aún más el número de investigadores en el área biomédica, puesto que, en nuestro país, el porcentaje de egresados para este tipo de posgrado sigue siendo bajo con relación a las otras áreas del conocimiento.



**Figura 3.** Graduados en programas nacionales de doctorado por área OCDE, 2018.  
Fuente: Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia, 2019.

En los últimos diez años, la creciente oferta en programas de doctorado se ha orientado a las Ciencias Sociales y Humanidades (42%), y a las Ciencias Naturales y Exactas (22%) y las Ingenierías (22%), seguidas por las Ciencias Médicas y de la Salud (10%) y en una menor proporción por las Ciencias Agrícolas (4%), como se evidencia en la Figura 4.



**Figura 4.** Graduados en programas nacionales de doctorado por área OCDE, 2018.  
Fuente: Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia, 2019.

A pesar de los avances en los últimos diez años, Colombia no ha desarrollado completamente la capacidad de investigación necesaria para incrementar la producción de conocimiento y de bienes asociados a la misma, a pesar de que en el período 2010-2019 la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación se incrementó en 8,7% (Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia 2019). Se ha identificado que la cantidad de recurso humano para realizar actividades de C&T no es adecuado, lo cual lleva a una baja capacidad para generar y usar conocimiento en todos los niveles del sistema productivo y de los servicios, convirtiéndose en un impedimento para alcanzar mayores niveles de innovación y productividad. Adicionalmente, con relación a la vinculación de talento humano con formación a nivel de doctorado y maestría creció de manera general durante el periodo 2012-2017, a tasas promedio anuales de 12,3% y 7,8%, respectivamente. Sin embargo, todavía los empleados con formación a nivel de maestría y doctorado son una minoría respecto al total de empleados de estos sectores, indicando que las empresas en Colombia no cuentan con una suficiente oferta laboral para el talento humano de alto nivel (Departamento Nacional de Planeación, 2015; Conpes 3835), lo que puede explicarse por el bajo número de profesionales con formación a nivel de maestría y/o doctorado y la falta de interés en la innovación de la mayoría de las empresas colombianas.

El contexto político reconoce la función que cumple la investigación para expandir las fronteras del conocimiento y para dar respuesta a las necesidades y oportunidades sociales y de desarrollo productivo del país y las regiones. Por lo tanto, se identificó como problema la baja generación de conocimiento de alto impacto que permita dar esas respuestas, y se propone como objetivo aumentar la generación de conocimiento pertinente y de alto valor (Conpes 3582, 2009), lo cual requiere no solo la formación de talento humano de alto nivel sino también la publicación de los resultados de investigación en revistas científicas indexadas y la generación de patentes. La producción científica de Colombia entre los años 2009 y 2018 muestra un total de 138.901 registros en las tres bases de datos evaluadas

(Web of Science, Scopus y SCIELO). La tasa de crecimiento promedio en el periodo es de 12,12%. Sin embargo, esta cifra contrasta con el porcentaje de crecimiento de publicaciones a nivel global, estimado, según cifras del Banco Mundial, en 37,77% (World Bank, 2018). Esta diferencia muestra una brecha de crecimiento del 25,65% en la producción científica de Colombia con respecto al promedio mundial.

En términos de patentes, las cuales pueden presentarse por vía nacional (Superintendencia de Industria y Comercio) o a través del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT, siglas en Inglés), para el período 2009-2018, a pesar de que la cantidad de patentes ha venido aumentando a través del tiempo (**Figura 4**) en Colombia, la mayor parte de estas se ha solicitado y otorgado mediante el Tratado de Cooperación de Patentes, y la mayoría de sus solicitantes no son residentes del país, indicando la baja capacidad del Sistema de C&T del país en este aspecto.

Año	Concedidas vía nacional			Concedidas vía PCT		
	Residentes	No residentes	Total	Residentes	No residentes	Total
2009	19	65	84	2	396	398
2010	21	60	81	9	550	559
2011	31	45	76	13	563	576
2012	101	130	231	15	1,446	1,461
2013	136	107	243	13	1,919	1,932
2014	110	65	175	8	1,200	1,208
2015	81	60	141	7	1,031	1,038
2016	92	42	134	7	776	783
2017	159	45	204	7	953	960
2018	205	44	249	10	1,012	1,022
<b>Total</b>	<b>955</b>	<b>663</b>	<b>1,618</b>	<b>91</b>	<b>9,846</b>	<b>9,937</b>

Fuente: SIC, <http://www.sic.gov.co/drupal/estadisticas-propiedad-industrial>

**Figura 5.** Patentes concedidas ante la oficina de la SIC, 2009 – 2018.

El Doctorado en Ciencias Biomédicas ha aportado a la generación de nuevo conocimiento mediante la publicación de artículos científicos en revistas indexadas y la obtención de patentes, procesos asociados con los grupos de investigación que apoyan el programa. A manera de resumen, en el período 2015-2020-II, estos grupos de investigación han publicado 215 artículos científicos en revistas indexadas (con base en SCOPUS: UT: 53, UQ: 68 UC: 55 UTP: 39) y se han concedido cinco patentes, dos registros de software y un signo distintivo (Tabla 3).

**Tabla 3.** Productos de innovación de los grupos de investigación que soportan el programa de Doctorado.

Innovación	Beneficiario	Tipo	Año
Composición para uso tópico con propiedades antimicrobiana, antiinflamatoria y antioxidante y su método de obtención	Universidad del Quindío - Germán Alberto Téllez Ramírez, Jhon Carlos Castaño Osorio, Leonardo Padilla Sanabria y Andrés Felipe Martínez Patiño	Patente de Invención	2020
Agro UQ Cocción de carnes	Universidad del Quindío - Jorge E. Gómez, Julio Luna, Magda Pinzón, Fabiana Lora, Jesús Cortes, Julio Luna	Registro de Software	2020
Tree of Science	Universidad Nacional de Manizales, Martha Viviana Zuluaga Rojas	Registro de Software	2015
Equipo para el control de procesos de fermentación de café por medio de espectroscopía de impedancia eléctrica (EIE) que incluye una única celda de medición de impedancia eléctrica	Universidad de Caldas - Félix Octavio Díaz, Julio César Caicedo Eraso.	Patente de Invención	2020
Métodos de fabricación de un chip, inmovilización de la enzima peroxidasa y detección de ocratoxina A (OTA) en café	Universidad de Caldas - Gonzalo Taborda Ocampo, Milton Hernando Rosero Moreano, Dyro Alexis Giraldo Bustamante, Diomer Hernán Aristizábal Buitrago	Patente de Invención	2020
Método de recuperación por centrifugación y concentración en formoléter de protozoos para muestras de agua potable	Universidad del Quindío - Fabiana María Lora Suárez, Raúl Eduardo Rivera Quiroga, Jorge Enrique Gómez Marín y Jessica Triviño Valencia	Patente de Invención	2017
Producto adsorbente que comprende una arcilla modificada con líquidos iónicos, su proceso de fabricación y membrana empacada con el mismo.	Universidad de Caldas - Milton Hernando Rosero Moreano, Diego Fernando Montaña Montoya	Patente de Invención	2016
Metodología Para El Análisis De Casos En El Tiempo. Institución Financiadora: Gobernación De Risaralda	Universidad Tecnológica de Pereira, Gobernación De Risaralda - José William Martínez	Registro de Software	2017
Marcas: Células madre y biotecnología - Cemab Colombia	Universidad Tecnológica de Pereira - Centro De Células Madre Y Biotecnología SAS.	Signos Distintivos	2017
Péptido antimicrobiano de la familia de las cecropinas contra bacterias multiresistentes	Universidad del Quindío - Germán Alberto Téllez Ramírez, Jhon Carlos Castaño Osorio	Patente de Invención	2015
Clay Solutions & Services S.A.S	Milton Hernando Rosero Moreano, Gonzalo Taborda Ocampo, Diego Fernando Montaña Montoya	Spin-Off	2016

## **Modalidad y lugares de desarrollo del programa**

La modalidad del programa es Presencial y se lleva a cabo en Convenio entre cuatro Universidades, en el sentido en que cada universidad administra su programa, pero las políticas y aspectos académicos se manejan de manera conjunta. Igualmente, se realizan trabajos en red y el proceso se nutre de las fortalezas existentes en las cuatro universidades que participan de él. De hecho, la actividad académica que se denomina Seminario de Investigación se ve en todos los semestres académicos (I - VIII), y se realiza de manera conjunta, con participación obligatoria de todos los docentes con estudiantes del programa a su cargo y todos los estudiantes activos de las cuatro universidades. La sede se rota de manera consecutiva cada período, de modo que a cada sede le corresponde organizar este evento una vez cada dos años. Hasta el momento, el programa cuenta con las cuatro sedes con las que fue creado: Universidad de Caldas en Manizales-Caldas, Universidad del Quindío en Armenia-Quindío, la Universidad Tecnológica de Pereira en Pereira-Risaralda y la Universidad del Tolima en Ibagué-Tolima.

## **Potencial profesional de los egresados**

Lamentablemente, en Colombia, debido al atraso socio-político en términos de modernización, aún estamos lejos de alcanzar la empleabilidad que se esperaría para las personas con formación doctoral, como lo señalan diversos informes. Por ahora, el sector que absorbe predominantemente a este segmento de la población está constituido por las llamadas IES (Instituciones de Educación Superior), las cuales, en nuestro país, absorben un 95,6 % de los doctores, mientras el promedio en América Latina y el Caribe ese mismo porcentaje es del 72,3 % (CONPES 2020, p. 35). Según este mismo documento, en el sector privado sólo se encontraba vinculado un 2,6 %. Esto se ve reflejado en el hecho de que, de los 45 graduados de nuestro programa a mayo de 2021, el 90 % de ellos se encuentra vinculado a este tipo de instituciones. No obstante, es de esperar que, a mediano y largo plazo, las circunstancias socio-económicas y políticas de nuestro país cambien y los posgraduados a nivel doctoral, tanto en el país como en el extranjero, tengan una mayor demanda laboral y sean mejor remunerados de lo que están en el presente. En cuanto a este último punto, debe mencionarse que el promedio salarial en Colombia para un egresado como Doctor en Ciencias Biomédicas sigue siendo bajo (cerca de \$4.000.000 mensuales), comparado con el de los egresados de otros programas doctorales. Sin embargo, debe anotarse que la empleabilidad, en los egresados del programa, es en promedio del 91,7%, según el Observatorio Laboral para la Educación de Mineducación que registra un 100% de cotizantes para los graduados a 2018 (<http://bi.mineducacion.gov.co:8380/eportal/web/men-observatorio-laboral/tasa-de-cotizacion-por-programas>, consultado el 2021-03-17).

## **Justificación de la modalidad y lugares de desarrollo**

En sus inicios, empezando el presente siglo, la modalidad de doctorado en red se da por el hecho de que tres de las universidades públicas del llamado Triángulo del Café (Caldas, Quindío y Risaralda) contaba cada una con muy pocos doctores interesados en investigar en el área de las Ciencias Biomédicas, motivo que unió para hacer una propuesta conjunta, a la cual, posteriormente, se vinculó la Universidad del Tolima. Para los estándares colombianos, las cuatro universidades participantes en la propuesta son universidades de tamaño medio que, aunando esfuerzos, estarían en el nivel superior. De hecho, para 2020, dos de ellas (UT y UC) se encuentran en el cuartil 1 (uno) de la clasificación de SCIMAGO.

Vale recordar que, hasta hace unos 50 años, los tres departamentos del triángulo del café conformaban uno solo (lo que ahora se conoce como El Viejo Caldas), y sus tres capitales son similares en tamaño, ancestría e historia, amén de que se encuentran muy cercanas entre sí desde el punto de vista geográfico. En cuanto a Tolima, es un departamento con el cual hay mucha afinidad histórica y cultural, especialmente por cuanto el noroccidente del mismo tiene una gran vocación cafetera y, a pesar de la especie de barrera que implica tener que cruzar la Cordillera Central de una de sus laderas a la otra, esta es una dificultad mínima, que tiene a minimizarse con el desarrollo de la infraestructura vial de la región (por ejemplo la construcción del túnel de La Línea y el mejoramiento de la llamada Autopista del Café).

### **Características diferenciales y similares del programa**

La principal característica diferencial del programa consiste en que se trata de una oferta en Convenio, por universidades de cuatro departamentos, pero, como ya se señaló, con mucho bagaje histórico, étnico, social y político en común. El hecho de compartir recursos tecnológicos y de conocimiento disponible en ellas, constituye una gran fortaleza. El Seminario Regional de Investigación, que se realiza una vez por cada período académico, constituye una de sus ventajas más sobresalientes, pues se trata de una actividad a la que asisten todos los docentes de las cuatro universidades que tengan estudiantes de doctorado activos bajo su dirección, así como todos los estudiantes de las cuatro sedes. Usualmente se invitan a otros investigadores, especialmente en el área de ética y de bioestadística, para que den retroalimentación a los estudiantes en ambas áreas. Esta actividad está abierta al público y es común que a ella asistan investigadores y estudiantes no vinculados al programa.

Otro aspecto diferenciador es, precisamente, el énfasis que se hace en los aspectos éticos, epistemológicos y estadísticos, al entender que, sobre estos tres pilares, más los aspectos técnicos, se sostiene el andamiaje de la ciencia. En cuanto a ética, el programa tiene como actividad académica obligatoria dos Seminarios-Talleres, en los cuales los estudiantes no sólo asimilan los conceptos generales básicos de la bioética, especialmente de la investigación en el área, sino que, también, realizan el ejercicio de pensar sus respectivos proyectos desde esta óptica y los autoevalúan bajo la simulación de un Comité de Ética conformado por ellos mismos. El curso de epistemología se dicta en el primer semestre, los

estudiantes adquieren las bases con relación a los principios y fundamentos de la creación del conocimiento.

En cuanto a la parte estadística, desde sus inicios, el programa ofrece la materia Bioestadística en el marco de las actividades académicas Electivas, lo cual se instauró a petición de los propios alumnos de ese entonces y que, al menos hasta el momento, ha tenido muy buena acogida por parte de los estudiantes que han ingresado luego.

### **Elementos que identifican al programa como investigativo**

Se entiende que un programa doctoral en Ciencias Biomédicas debe estar orientado a la formación de un investigador científico profesional mediante el desarrollo de o participación en un proyecto y la publicación de sus resultados en al menos un artículo científico en una revista internacional reconocida, preferiblemente en inglés. De hecho, prácticamente cuatro quintas partes de los créditos del Programa están relacionados directamente con investigación (70 créditos, equivalentes a un 77,7% del total de 90 que conforman el programa).

### **Aportes y logros del programa.**

El Doctorado en Ciencias Biomédicas surgió como consecuencia natural de desarrollo de los grupos de investigación del área de la salud en las universidades del eje cafetero, así, como resultado de procesos de integración universitaria regional, las cuales, en 2006, conforman un grupo de trabajo con docentes de las universidades de Caldas, Quindío y Tecnológica de Pereira, al cual se une la Universidad del Tolima en 2008, mismo año en que se presenta, de manera conjunta, la propuesta de un Doctorado en Ciencias Biomédicas por cada Universidad, pero compartiendo un mismo Programa y los recursos de docencia y administrativos, lo cual permite una potencialización de recursos, una buena masa crítica de investigadores y transdisciplinariedad.

Desde su creación y puesta en funcionamiento, el año 2009, a la actualidad (mayo de 2021) al Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas, se han graduado 45 doctores. El Programa se soporta en grupos de investigación ubicados en categorías A1, A, y B, de MinCiencias, a los cuales se integran profesores, estudiantes y graduados; las becas para realizar estudios y pasantías de doctorado en el exterior que han obtenido algunos de los estudiantes, la vinculación de los mismos como docentes en diferentes Universidades, tanto a nivel regional, nacional e internacional y, la cualificación de sus docentes que, a través de la investigación y participación en diferentes actividades científicas, ha contribuido al desarrollo del área biomédica en la región.

Dado que el Doctorado se desarrolla en Convenio con las universidades del eje cafetero y que las ciencias biomédicas abordan problemáticas complejas, que requieren la

participación de varias ciencias y disciplinas para su resolución, es indiscutible el carácter interdisciplinario tanto del proceso formativo como de la investigación desarrollada en el programa. Es así como docentes y estudiantes de diversas disciplinas han participado y participan tanto en el programa como en los grupos de investigación que lo apoyan, como: físicos, químicos, biólogos, ingenieros (especialmente de alimentos, biomédicos, químicos y electrónicos), matemáticos, enfermeros, educadores físicos, médicos y médicos veterinarios.

### **Problemáticas sobre las cuales trabajan los grupos de investigación**

**Enfermedad Cardiovascular:** Dificultad en la creación de una cultura de la prevención con estilos de vida saludables. En el diagnóstico temprano de la enfermedad y dificultad en encontrar blancos terapéuticos.

**Cáncer:** Dificultad en la creación de una cultura de la prevención con estilos de vida saludable. En el diagnóstico temprano de la enfermedad y dificultad en encontrar blancos terapéuticos, tipificación del Virus del Papiloma Humano, evaluación de factores genético-moleculares y epidemiológicos asociados al desarrollo del cáncer gástrico y el cáncer colorectal en Colombia, análisis genético de cáncer de mama, análisis de mutaciones en cáncer de tiroides, análisis del contenido genómico y proteómico de vesículas extracelulares de pacientes con diferentes estadios de cáncer de mama.

**Enfermedades Metabólicas:** Dificultad del diagnóstico temprano de estas enfermedades y el diseño de tratamientos para la misma.

**Virología:** Búsqueda de nuevos blancos terapéuticos anti virales y celulares de las enfermedades virales prevalentes como el virus Dengue utilizando estrategias bioinformáticas y su posterior validación en modelos *in vitro* e *in vivo*, caracterización molecular y análisis filogenético del virus Chikungunya y la prevalencia e identificación de mutaciones en serotipos circulantes del virus del dengue, vigilancia epidemiológica de arbovirus.

**Inmunología:** Desarrollo de anticuerpos monoclonales de ratón para utilizar en las investigaciones básicas del grupo, así como en la creación de nuevas estrategias diagnósticas, estudio de la respuesta inmune en pacientes con toxoplasmosis, efecto de polimorfismos en genes de citoquinas en la resistencia y/o susceptibilidad en toxoplasmosis ocular. evaluación de la respuesta inmune adaptativa en pacientes embarazadas con diagnóstico de infección por virus ZIKA, evaluación de la actividad antiinflamatoria de productos naturales

**Antibiótico resistencia:** Búsqueda de nuevas moléculas antimicrobianas en la flora y fauna propia de nuestra biodiversidad utilizando estrategias cromatografías, de secuenciamiento

de genomas completos y herramientas bioinformáticas y su posterior validación en modelos *in vitro* e *in vivo*.

Bioinformática, biología molecular y química farmacológica aplicada a la toxoplasmosis.

Parasitología - Protozoos de transmisión alimentaria e hídrica y su presencia en medio ambiente de alta montaña, Toxoplasmosis clínica, Inmunología de las enfermedades infecciosas (toxoplasmosis).

Actividad biológica de productos naturales: evaluación de la actividad antioxidante, antiproliferativa, antiinflamatoria, antihipertensiva, evaluación de sustancias bioactivas para aplicaciones agrícolas, farmacéuticas, cosméticas y nutricionales, desarrollo de fitofármacos, biopreparados, así como el desarrollo de formulados activos que puedan ser de utilidad para el desarrollo de alternativas terapéuticas en enfermedades humanas.

Parasitología – Trypanosomas: estudio del desarrollo de los genotipos de *Trypanosoma cruzi* y *Trypanosoma rangeli* en las principales especies de triatomíneos vectores que circulan en Colombia para conocer en detalle la epidemiología de la transmisión del agente causal de la enfermedad de Chagas, Modulación de la transmisión de los tripanosomas por factores inmunes de los triatomíneos vectores, Estudios evolutivos de la familia Trypanosomatidae.

Medicina regenerativa e ingeniería de tejidos. Se ha trabajado en el uso de la fibroína de seda como andamio para la diferenciación de células madre mesenquimales y derivadas de tejido adiposo, en cartílago y hueso, empleando modelos *in vitro*.

Enfermedades crónicas no transmisibles (sobrepeso y obesidad). El énfasis está puesto en estudios de composición corporal, en especial en cuanto al modelo de dos compartimentos: masa grasa y masa no grasa. también se ha explorado el uso de la Bioimpedancia Eléctrica (BIE) en el diagnóstico precoz de cáncer colorrectal. También se ha usado la técnica en otros estudios, como uno relacionado con fibromialgia, otro con úlcera de pié diabético y un tercero con recambio de la microbiota intestinal. Se ha desarrollado fórmulas para composición corporal en población joven de nuestro medio, ha propuesto el uso de la BIE como posible herramienta para el diagnóstico precoz de cáncer colorrectal con mediciones en el recto y un algoritmo para la parametrización de los datos crudos de la técnica, el cual está siendo validado.

Quimiometría y Metabolómica. Se han realizado investigaciones en instrumentación analítica, realizando no solamente análisis cualitativo, sino también cuantitativo de diferentes metabolitos de interés presentes en muestras que provienen de matrices complejas como tejidos biológicos y alimentos entre otros. En este sentido, la química analítica y en particular la cromatografía está presente en la labor experimental de muchos proyectos de investigación de las Ciencias Biomédicas, separando, aislando y analizando metabolitos para explicar procesos patológicos, o procesos de intoxicación o presencia exógena en los organismos vivos. Se aprovecha la plataforma de equipos de cromatografía

líquida y cromatografía de gases, así como otros equipos robustos de espectrofotometría que permiten analizar un amplio espectro de compuestos químicos. Tanto la quimiometría como la metabolómica son fortalezas que permiten no solamente realizar estudios de investigación de alto nivel sino, la garantía de la validación de la información y el uso de plataformas de informáticas para análisis de matrices altamente complejas.

Alimentación saludable, trastornos nutricionales y estado sanitario, sarcopenia, inocuidad de materias primas y productos de origen animal. Diseño y evaluación de dietas antiinflamatorias, involucrando la nutrigenómica así como el efecto sobre biomarcadores, entre los que se encuentra el gen RELA en adultos mayores obesos. También se ha estudiado la valoración del estado nutricional por antropometría y dinamometría en poblaciones estudiantiles y de indígenas, estudio del contenido y el efecto antiinflamatorio de polifenoles en frutas colombianas, se ha estudiado la clínica de la desnutrición y su relación con la Sarcopenia en el adulto y en el anciano, haciendo uso de la antropometría, la dinamometría y la bioimpedancia eléctrica para evaluar la funcionalidad y volumen muscular de los pacientes, se han realizado investigaciones sobre la prevalencia de malnutrición en niños internados en hospitales, los trabajos sobre la valoración de la composición corporal, de la fuerza muscular, de la nutrición funcional y de riesgo en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica – EPOC. Se han validado técnicas para evaluar la composición corporal en adultos, como el uso de electrodos de electrocardiografía en análisis de bioimpedancia eléctrica y la estandarización del método clásico mano-pie, el desarrollo y evaluación de un sistema experto para el soporte nutricional de pacientes con insuficiencia o falla intestinal.

Se ha realizado la evaluación de aminoácidos de cadena ramificada en la enfermedad hepática crónica, la identificación y cuantificación de Quercetina en matrices alimenticias con métodos de extracción por solventes y espectrofotometría, la efectividad del metabolito 1-25(OH)<sub>2</sub>-colecalfiferol (vitamina D<sub>3</sub>) en la nutrición del pollo de engorde bajo condiciones ambientales de estrés calórico y altitud superior a los 2000 msnm, así como el efecto de supresores del estrés en pollos de engorde sobre parámetros fisiológicos y zootécnicos bajo condiciones ambientales de estrés calórico crónico y los requerimientos nutricionales de calcio, fósforo y 25-hidroxicolecalciferol en pollo de engorde bajo condiciones ambientales de estrés calórico a altitud de 2.130 msnm.

A continuación se presentan los 15 grupos de investigación que dan soporte al Doctorado en Ciencias Biomédicas en cada una de las Universidades, con 58 líneas de investigación e investigadores.

#### **Tabla 4. Grupos y líneas de Investigación en cada una de los Universidades.**

**Universidad del Quindío:** Grupos de Investigación 4, Líneas de Investigación 13.

Grupo de Investigación	Clasificación	Línea de investigación	Número de Investigadores
Grupo de Investigación en Enfermedades Cardiovasculares y metabólicas. GECAYME COL0021891	A	Enfermedades cardiovasculares	3 docentes 4 estudiantes
		Errores innatos del metabolismo	
		Productos naturales y enfermedades crónicas	
Grupo de Investigación en Inmunología Molecular. GYMOL COL0009485 Grupo de Investigación en Inmunología Molecular. GYMOL COL0009485	A	Antibioticorresistencia	3 docentes 7 estudiantes
		Inmunología	
		Virología	
Grupo de Investigación en Parasitología Molecular. GEPAMOL COL0038289	A1	Bioinformática	3 docentes 3 estudiantes
		Inmunología de toxoplasmosis	
		Investigación clínica	
		Protozoos	
Grupo de Investigación en Salud Pública. COL080604	C	Epidemiología	3 docentes 1 estudiante
		Medicina Alternativa	
		Salud Laboral	

Universidad de Caldas: Grupos de Investigación 3, Líneas de investigación 20.

Grupo de Investigación	Clasificación	Línea de investigación	Número de Investigadores
		Acción física humana: medicina, fisiología y entrenamiento del deporte.	6
		Detección precoz de cáncer mediante BIE, especialmente colo-rectal, cutáneo y de cérvix.	4
		Diagnóstico y seguimiento, mediante BIE, de enfermedades crónicas no transmisibles, especialmente sobrepeso, estreñimiento y fibromialgia.	2

Bio-impedancia Eléctrica- GruBIE	A	Estudios de composición corporal mediante BIE, antropometría e hidrodensitometría (pesaje subacuático).	3
		Prevención, tratamiento y seguimiento de personas con sobrepeso	4
Grupo de Investigación en Cromatografía y Técnicas Afines- GICTA	A1	Análisis cromatográfico de sustancias contaminantes	3
		Bioquímica de los metabolitos secundarios y estudios metabólicos	6
		Estudios en procesos avanzados de oxidación para la remoción de contaminantes en agua	3
		Formación y modificación de nuevos materiales	3
		Investigación en Inocuidad y Química de Alimentos	3
		Química forense	4
		Tratamiento y evaluación de aguas residuales	3
Nutrición, Metabolismo y Seguridad Alimentaria	B	Alimentación saludable	27
		Determinación de requerimientos nutricionales	
		Diagnóstico y seguimiento, mediante BIE, de enfermedades crónicas no transmisibles, especialmente sobrepeso, estreñimiento y fibromialgia	
		Evaluación de la calidad e inocuidad de materias primas y productos de origen animal	
		Sarcopenia	
		Trastornos nutricionales y estado sanitario animal	

**Universidad del Tolima: Grupos de Investigación 4, Líneas de Investigación 7.**

Grupo de Investigación	Clasificación	Líneas de investigación	No. De Investigadores
Laboratorio de Investigaciones en	A	Caracterización, biológica, bioquímica, molecular y genética de <i>Trypanosoma cruzi</i> y <i>Trypanosoma rangeli</i>	25

Grupo de Investigación	Clasificación	Líneas de investigación	No. De Investigadores
Parasitología Tropical (LIPT)		Diagnóstico molecular de parásitos humanos	
		Interacción Trypanosoma cruzi/T. rangeli con los triatomíneos vectores	
		Entomología médica	
Citogenética, Filogenia y Evolución de Poblaciones	A	Análisis genético de enfermedades humanas	26
Grupo de investigación en inmunobiología y patogénesis (GIP)	C	Inmunobiología	32
		Patogénesis	
Investigación en Productos Naturales. Gipronut	A1	Sustancias bioactivas para aplicaciones agrícolas, farmacéuticas, cosméticas y nutricionales	25
		Desarrollo tecnológicos e innovación en productos naturales.	

**UTP: Grupos de Investigación 4, Líneas de Investigación 18.**

Grupo de Investigación	Clasificación	Líneas de investigación	No. De Investigadores
Epidemiología, salud y violencia	A	Cáncer	20
		Enfermedades infecciosas	
		Evaluación de tecnologías diagnósticas	
		Salud y violencia	
Farmacogenética	A	Farmacogenética	7
		Medicina regenerativa	
Infección e inmunidad	A1	Biomateriales	50
		Biotecnología y Biología Molecular	
		Enfermedades Infecciosas	
		Inmunología	

Grupo de Investigación	Clasificación	Líneas de investigación	No. De Investigadores
		Inmunomodulación por productos naturales	
		Medicina Regenerativa	
Polifenoles	A	Actividad biológica de productos naturales Aislamiento y elucidación estructural de compuestos de origen vegetal Biotransformación de compuestos de interés biológico Calidad de productos naturales Química de polifenoles de origen natural Transformación de productos naturales	24

### 3. RETO FORMATIVO Y ASPECTOS CURRICULARES

#### Propósito general del programa

El Programa buscar formar egresados con alto nivel científico y ético, capaces de involucrarse en redes internacionales de conocimiento en el área biomédica. Serán investigadores que contribuirán a la transformación social y que elevarán la calidad de vida de la comunidad en la región y país generando patentes, innovaciones tecnológicas, publicando artículos en revistas científicas internacionales y originando fundamentación para el establecimiento de nuevas normas de manejo en Programas en salud humana y animal, y formando nuevos investigadores que incrementen la capacidad científica y tecnológica de la región y el país.

#### Misión del programa

El Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas en su carácter público y acompasado con la misión institucional, busca la formación integral y de alto nivel de investigadores que busquen la solución de problemas científicos universales, tanto a nivel básico como aplicado

en el campo biomédico y que fortalezca la base científica y la capacidad investigativa de la región y el país.

### **Resultados de aprendizaje**

Las competencias se relacionan con las capacidades que el estudiante debe adquirir en su proceso de formación y es la promesa que le hace la Universidad y el programa.

El Acuerdo 02 de 2020 del Consejo Nacional de Educación Superior- CESU- en Colombia define una competencia como el “conjunto articulado de conocimientos, capacidades, habilidades, disposiciones, actitudes y aptitudes que hacen posible comprender y analizar problemas o situaciones y actuar coherente y eficazmente, individual o colectivamente, en determinados contextos. Son susceptibles de ser evaluadas mediante resultados de aprendizaje y se pueden materializar en la capacidad demostrada para utilizar conocimientos, destrezas y habilidades personales, sociales, profesionales y metodológicas en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal. Las competencias le pertenecen al individuo y este las continúa desarrollando por medio de su ejercicio profesional y su aprendizaje a lo largo de la vida”. (CESU, 2020, pág. 8).

De otro lado los resultados de aprendizaje RA son concebidos en el Decreto 1330 de 2019 (Colombia) como “las declaraciones expresas de lo que se espera que un estudiante conozca y demuestre en el momento de completar su programa académico. Se constituyen en el eje de un proceso de mejoramiento en el que se evalúa el grado en el cual el estudiante se acerca a obtener los resultados definidos por el Programa y se llevan a cabo ajustes en los aspectos curriculares para lograr un proceso de aprendizaje más efectivo”.

Los resultados de aprendizaje (RA), deben ser concretos y descritos de manera positiva; deben ser medibles; se deben lograr en el plazo deseable; se deben alcanzar de una forma realista / viable y deben tener un período de tiempo”. (Aponte C., Calle J.M. 2020, pág.16). “La competencia no puede ser observada directamente en toda su complejidad, pero puede ser inferida a partir del desempeño, lo que lleva a pensar en los tipos de actuaciones que permitan reunir evidencia suficiente para hacer juicios razonables acerca de los logros de cada estudiante en relación con los resultados de aprendizaje pretendidos y claramente especificados, lo cual ayuda a los propios estudiantes a la comprensión de lo que se espera de ellos, a la vez que sirve para informar a otras personas interesadas sobre el significado de una calificación determinada” (Parra, D.M. 2013, pág. 11). En el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) “la competencia se refiere a la capacidad demostrada para emplear el conocimiento, las habilidades y las capacidades sociales y/o metodológicas en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal. En el contexto del Marco Europeo de Cualificaciones, competencia se define en términos de responsabilidad y autonomía. Las competencias pueden ser genéricas o específicas de la materia. La adquisición de las competencias es el objeto de un proceso de aprendizaje y de una titulación educativa. Los resultados de aprendizaje expresan el nivel de competencia

alcanzado por el estudiante y verificado a través de una evaluación. Describen lo que un estudiante sabe, comprende y es capaz de hacer tras culminar con éxito un proceso de aprendizaje. Son formulados por el personal docente, con la participación de estudiantes y otras partes interesadas. Con el fin de facilitar su evaluación, las descripciones deben ser verificables” (Comisión Europea, 2015, pág. 22).

**Tabla 5. Matriz de relación de los alcances de formación (Perfil global de Egreso, Competencia global y unidades de competencia articulados con el plan de estudios).**

<p><b>PERFIL GLOBAL DE EGRESO:</b></p> <p>El Doctor en Ciencias Biomédicas se apropia de los referentes conceptuales, metodológicos y axiológicos de su disciplina; selecciona y aplica métodos y procedimientos teóricos, analíticos, bioinformáticos y de laboratorio, gestionando proyectos de investigación que den solución a problemas prioritarios en salud en escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales, con un manejo adecuado de la información científica y disciplina de trabajo intelectual en el área de las Ciencias Biomédicas. Así mismo, proyecta su ejercicio profesional con principios éticos, con autonomía, con una aproximación crítica y propositiva a la realidad, con capacidad de interactuar con pares, grupos, instituciones y redes de investigación; socializa y publica los productos de investigación, aportando desde las Ciencias Biomédicas a la generación de conocimiento y a la construcción de un desarrollo humano y social sostenible.</p>
<p><b>COMPETENCIA GLOBAL:</b></p> <p>El Doctor en Ciencias Biomédicas estará en capacidad de apropiarse de los referentes conceptuales, metodológicos y axiológicos de su disciplina, seleccionará y aplicará métodos y procedimientos teóricos, analíticos, bioinformáticos y de laboratorio; gestionará proyectos de investigación que den solución a problemas prioritarios en salud en escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales, con un manejo adecuado de la información científica y disciplina de trabajo intelectual en el área de las Ciencias Biomédicas. Igualmente, proyectará su ejercicio profesional con principios éticos y autonomía, con una aproximación crítica y propositiva de la realidad en interacción con pares, grupos, instituciones y redes de investigación; así mismo, socializará y publicará sus productos de investigación académicos aportando a la generación de nuevo conocimiento y a la construcción de un desarrollo humano y social sostenible.</p>
<p><b>RESULTADO DE APRENDIZAJE GLOBAL:</b></p> <p>Soy un Doctor en Ciencias Biomédicas que aplica los referentes conceptuales, metodológicos y axiológicos de la disciplina, aplico métodos y procedimientos teóricos, analíticos, bioinformáticos y de laboratorio; gestiono proyectos de investigación que den solución a los problemas prioritarios en salud en escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales, con un manejo adecuado de la información científica y disciplina de trabajo intelectual en el área de las Ciencias Biomédicas. Mi ejercicio profesional se destaca por principios éticos y por mi autonomía; tengo una aproximación crítica y propositiva a la realidad e interactúo con pares, grupos, instituciones y redes de investigación. Así mismo, socializo y publico los productos de investigación aportando a la generación de nuevo conocimiento y a la construcción de un desarrollo humano y social sostenible”.</p>

<b>UNIDADES DE COMPETENCIA</b>	<b>UC1:</b> Apropiarse de los referentes conceptuales, metodológicos y axiológicos para aproximarse a las fronteras del conocimiento en Ciencias Biomédicas, sus enfoques, teorías y metodologías.	<b>UC2:</b> Conocer y aplicar métodos y procedimientos teóricos, analíticos, bioinformáticos, de campo y de laboratorio para desarrollar su trabajo de investigación en Ciencias Biomédicas.	<b>UC3:</b> Gestionar proyectos de investigación que den solución a problemas prioritarios en salud en escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales, con un manejo adecuado de la información científica y disciplina de trabajo intelectual en el área de las Ciencias Biomédicas	<b>UC4:</b> Proyectar su ejercicio profesional con principios éticos de la ciencia y la comunicación científica, con autonomía, con una aproximación crítica y propositiva a la realidad.	<b>UC5:</b> interactuar con otros profesionales, grupos, instituciones y redes de investigación, aportando desde las Ciencias Biomédicas a la generación de conocimiento y a la construcción de un desarrollo humano y social sostenible	<b>UC6:</b> Utilizar de forma apropiada el lenguaje científico, tanto en lengua materna como en lengua extranjera, para escribir, presentar, informar, comunicar y educar en el área de las Ciencias Biomédicas
<b>Resultados de Aprendizaje</b>	<b>RA1:</b> Me apropio de los referentes conceptuales, metodológicos y axiológicos para aproximarme a las fronteras del conocimiento en Ciencias Biomédicas, sus enfoques, teorías y metodologías.	<b>RA2:</b> Conozco y aplico métodos y procedimientos teóricos, analíticos, bioinformáticos, de campo y de laboratorio para desarrollar mi trabajo de investigación en Ciencias Biomédicas	<b>RA3:</b> Gestiono proyectos de investigación que den solución a problemas prioritarios en salud en escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales y manejo adecuadamente la información científica en el área de las Ciencias Biomédicas	<b>RA4:</b> Proyecto mi ejercicio profesional con principios éticos de la ciencia y la comunicación científica, con autonomía y con una aproximación crítica y propositiva a la realidad.	<b>RA5:</b> Interactúo con otros profesionales, grupos, instituciones y redes de investigación, para aportar desde las Ciencias Biomédicas a la generación de conocimiento y a la construcción de un desarrollo humano y social sostenible.	<b>RA6:</b> Utilizo de forma apropiada el lenguaje científico, tanto en lengua materna como en lengua extranjera, para escribir, presentar, informar, comunicar y educar en el área de las Ciencias Biomédicas

<b>Espacios académicos</b>						
<b>Biología Celular y Molecular</b>	X	X		X		X
<b>Epistemología</b>	X	X		X		X
<b>Taller Seminario de Ética I</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Proyecto I</b>			X	X	X	X
<b>Seminario de Investigación I</b>				X	X	X
<b>Taller Seminario de Ética II</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Electiva I</b>	X	X				
<b>Proyecto II</b>			X	X	X	X
<b>Seminario de Investigación II</b>				X	X	X
<b>Electiva II</b>	X	X				
<b>Investigación I</b>			X	X	X	X
<b>Seminario de Investigación III</b>				X	X	X
<b>Electiva III</b>	X	X				
<b>Investigación II</b>			X	X	X	X
<b>Seminario de Investigación IV</b>				X	X	X
<b>Investigación III</b>			X	X	X	X
<b>Seminario de Investigación V</b>				X	X	X
<b>Investigación IV</b>			X	X	X	X
<b>Seminario de Investigación VI</b>				X	X	X

Investigación V			X	X	X	X
Seminario de Investigación VII				X	X	X
Investigación VI			X	X	X	X
Seminario de Investigación VIII				X	X	X
Pasantía	X	X		X	X	X

Los resultados de aprendizaje reflejan un amplio conocimiento conceptual, en cuanto a la definición de competencias de acuerdo con la misión del programa.

Así es como, en la clasificación o taxonomía de los resultados del aprendizaje se especifican los referentes conceptuales considerados y la forma en que fueron definidos de común acuerdo, primero al interior de cada universidad y posteriormente en el Comité Coordinador del Doctorado en Convenio.

Se propone adoptar la taxonomía de Solo, (Structure of Observed Learning Outcome) elaborada por Biggs y Collis en 1982: Estructura del resultado de aprendizaje observado, en la cual el nivel de formación doctoral parte del bagaje que trae el estudiante y aporta al aprendizaje profundo y a una integración cuantitativa y cualitativa, como puede verse en la siguiente figura.

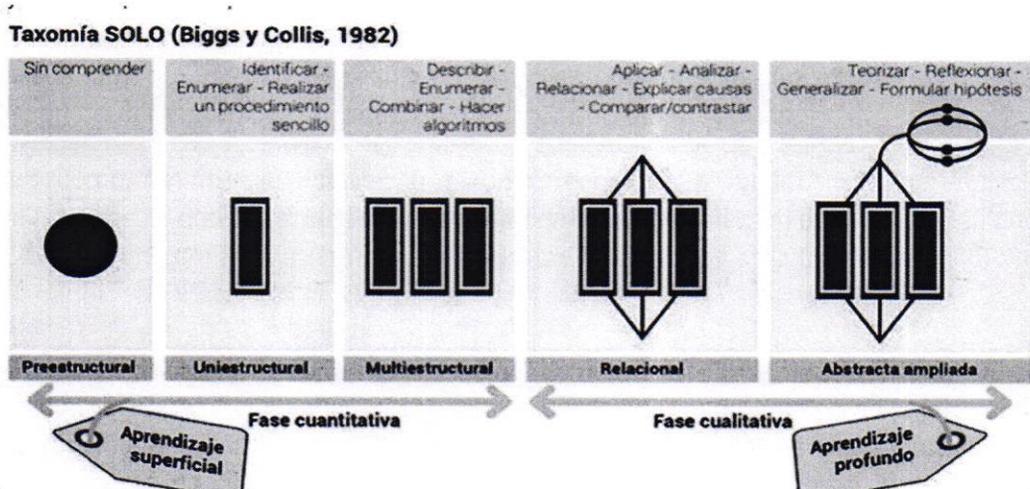


Figura 5: Taxonomía SOLO: Estructura del resultado de aprendizaje observado.

La taxonomía SOLO (Structure of Observed Learning Outcome) elaborada por Biggs y Collis en 1982 <https://coralelizondo.wordpress.com/2019/04/21/aprendizaje-de-calidad-taxonomia-solo/>

Esta taxonomía se basa en la importancia de analizar y reflexionar sobre los resultados observables del aprendizaje que los sitúa en niveles de complejidad cognitiva ascendente.

Por otro lado, teniendo en cuenta que los Resultados de Aprendizaje declarados para el programa permiten evidenciar las competencias, conocimientos, habilidades y destrezas que los estudiantes logran en su formación, su construcción también tiene como referente las Dimensiones del ser humano (Saber: comprensiones de objetos de conocimiento en contexto; saber ser y actuar como ciudadano crítico y saber hacer: aplicación en contexto).

Así mismo, los syllabus se formulan con base en los resultados de aprendizaje por los respectivos docentes.

### **El plan de estudios.**

El Plan de estudios tiene un componente básico, electivo y de investigación, que suma un total de 90 (noventa) créditos académicos, distribuidos en 8 períodos académicos y se divide en 3 (tres) componentes como se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6. Distribución Número de créditos por componente**

<b>Componentes</b>	<b>No. de Créditos</b>
Básico (BA)	8
Electivo (EP)	12
Investigación (INV)	70
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>

### **El componente pedagógico**

#### **Conceptualización teórica y epistemológica del programa**

Los criterios sobre los cuales se fundamenta la propuesta curricular del Doctorado en Ciencias Biomédicas son los siguientes:

- Focalización: Centra el interés tanto en temas como en problemas. Estos se constituyen en los núcleos problematizadores y temáticos fundamentales para el desarrollo del área investigativa. La focalización identifica los niveles de integración para alcanzar la transdisciplinariedad.

- Profundización: En el desarrollo del pensamiento interesa cuanto puede la persona entender y comprender de su realidad, de su objeto de estudio. Se intenta posibilitar de este modo la comprensión y el intercambio con otros saberes. La asignatura de "Seminarios de Investigación" busca cumplir con los objetivos pedagógicos de Focalización y Profundización.

- Interdisciplinariedad: Se pretende que los núcleos temáticos y problemáticos sean punto de encuentro de múltiples saberes con un objeto común y estrategias concertadas. La interdisciplinariedad se entiende como una categoría metodológica que contribuye a una

verdadera cooperación científica que ayuda a la generación de nuevas hipótesis correspondientes y adecuadas a las problemáticas complejas del ámbito académico y de la vida cotidiana.

- Flexibilidad: Un principio fundamental de todo programa curricular es su adaptabilidad y su evolución permanente. Esto quiere decir un *curriculum* en constante cambio con una actitud creadora, aunque su inicio es intencionado y por tanto con fines, propósitos, objetivos y metas concretos.

- Impacto: Este punto hace referencia a la calidad de educación lo cual implica relacionar el sentido de la educación y la forma como se desarrolla los procesos que la constituyen. Un proceso educativo de calidad tendrá que estar referido al proyecto social que busca generar. La manera de ser de la educación – su calidad - estará siempre referida al contexto y la concepción de sociedad y de desarrollo que se tenga. Todo proceso educativo está inscrito en una realidad determinada, inserto en una cultura cuyos sistemas simbólicos, valorativos y expresivos la determinan. Las diferentes experiencias que se establezcan en los espacios y tiempos determinados para el aprendizaje significativo debe responder, por un lado, al desarrollo del conocimiento de la disciplina en formación; por otra parte, a una actitud investigativa que satisfaga las necesidades reales de su entorno social, político, científico, tecnológico y cultural.

En este sentido, la conceptualización teórica y epistemológica del programa da sustento al plan curricular desde lo metodológico, teórico y epistemológico.

Así mismo el componente pedagógico, se nutre de los diferentes enfoques conceptuales del devenir institucional en cada universidad, en los cuales podemos enunciar en un contexto de modelo constructivista algunos ejemplos:

**Aprendizaje basado en problemas (ABP):**

El Doctorado en Ciencias Biomédicas, en el marco de los lineamientos pedagógicos aportados por la Universidad, fundamenta su propuesta pedagógica en el aprendizaje basado en problemas, alrededor de un proyecto de investigación.

“El primer eje teórico que soporta este enfoque pedagógico se relaciona con el hecho de que los procesos educativos, aunque tienen múltiples aristas, ubican el aprendizaje como hecho central que se visibiliza en las competencias que adquieren los estudiantes. Para tal efecto, se toman como punto de partida los conocimientos del estudiante, en relación con los aspectos relevantes de su estructura cognoscitiva. En tal sentido, se asume el proceso de aprendizaje como aquel que se construye en la participación e intención de los estudiantes, y en la elaboración de conocimiento y de sentido que se origina en los cambios cognitivos, actitudinales, afectivos y de acción requeridos. Cambios que, a su vez, deben ser co-construidos con el otro y lo otro, así, los nuevos profesionales serán competentes, en consonancia con las propuestas educativas socioculturales y neurocognitivas”.

### **Aprender a aprender (Gestión del conocimiento):**

En este sentido, es importante señalar que todo el programa está basado en fomentar el compromiso de cada aspirante a doctor en gestionar el conocimiento a partir de la experiencia que logra en distintos ambientes de aprendizaje y momentos de interacción tales como: la dirección de su director de tesis y su respectivo comité tutorial, los espacios académicos teóricos y prácticos, el trabajo en el laboratorio y la pasantía. Para esto, el/la estudiante debe ser consciente de que la mayor responsabilidad de su formación está en sí mismo, pues su formación como investigador profesional en el área de las ciencias biomédicas, implica llegar a ser una persona intelectual y moralmente independiente y autónoma.

Los docentes que participan en el programa deben fomentar que cada estudiante sea consciente tanto de sus limitaciones, como de las condiciones del entorno en que se mueve, en especial para definir alcances y posibilidades reales en la formulación de sus proyectos. Un aspecto crucial en esto, es la capacidad de planificar de manera ordenada y eficaz las tareas que se proponga, someterse a una supervisión permanente y ser capaces de evaluar sus resultados de manera crítica y proactiva. En este sentido, la retroalimentación que cada estudiante recibe del colectivo de docentes y estudiantes en cada universidad y en la reunión semestral de las cuatro sedes en Seminario de Investigación, tiene un valor incalculable y es, con toda certeza, uno de las características distintivas más sobresalientes del programa. Hasta ahora, a cada seminario confluyen alrededor de 20 (veinte) docentes y 30 (treinta) estudiantes, todos ellos provenientes de diversas áreas (biología, química, medicina humana y veterinaria e ingeniería, entre otras), que aportan desde su mirada específica, enriqueciendo el acervo de conocimientos y experiencias comunes.

Un aspecto importante que vale la pena destacar, es la participación de los/las estudiantes en la organización del seminario regional de investigación, que, como ya se ha señalado, constituye una actividad con participación obligatoria de todos los estudiantes y profesores. Esto les da la oportunidad de desarrollar habilidades organizativas que les será de mucha utilidad en su futuro desempeño como investigadores profesionales.

### **Formación integral**

Nuestro programa considera que la ciencia es una especie de mesa de tres patas, cuyos pilares son: la ética, la estadística y la técnica. Por consiguiente, estos tres aspectos están interrelacionados y en los tres se hace énfasis durante todo el programa, no sólo con el conocimiento que se procura cada estudiante, sino, igualmente, como una actitud frente a la vida, en general, y a la ciencia, en particular. Si cualquiera de estos tres pilares falla, la estructura se cae.

## **4. ESTRUCTURA CURRICULAR Y COMPONENTES DE FORMACIÓN**

### **La estructura curricular**

El currículo se aprobó en cada Universidad del convenio por Acuerdo del Consejo Superior, con la distribución que puede observarse en las tablas siguientes.

En el caso de la Universidad del Quindío, se identificaron diferencias entre uno y otro y se aprobó en el marco de la Política Académico Curricular, según el Acuerdo No. 107 del 07 de junio del 2017 por el Consejo Académico, como se observa a continuación.

Así mismo, es importante precisar que durante la pandemia Covid, en el año 2020, el Programa ha aumentado el número de espacios académicos con mediación virtual a través de diversas plataformas y ha desarrollado el modelo de alternancia para la presencialidad en los laboratorios, como puede observarse en la siguiente tabla.

**Tabla 71. Espacios académicos con número de créditos**

Componente	Espacio Académico	No. de Créditos	Total
<b>BASICO</b>	Biología Celular y Molecular	4	<b>8</b>
	Epistemología	2	
	Taller/Seminario de Ética I	1	
	Taller/Seminario de Ética II	1	
<b>COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN</b>	Proyecto I	3	<b>70</b>
	Proyecto II	5	
	Investigación I	7	
	Investigación II	7	
	Investigación III	10	
	Investigación IV	10	
	Investigación V	10	
	Investigación VI	10	
	Seminario de Investigación I-VIII	8	
<b>COMPONENTE ELECTIVO</b>	Electiva I	4	<b>12</b>
	Electiva II	4	
	Electiva III	4	
	Pasantía Nacional o Internacional		
<b>TOTAL</b>			<b>90</b>

**Tabla 8. Distribución de espacios académicos por semestre**

**PRIMER PERÍODO ACADÉMICO**

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito(s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI-Sem	THS
BA	Biología Celular y Molecular		N/A	4	64	128	192
BA	Epistemología		N/A	2	32	64	96
INV	Proyecto I		N/A	3	48	96	144

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito(s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI - Sem	THS
INV	Seminario de Investigación I		N/A	1	16	32	48
BA	Taller/Seminario de Ética I		N/A	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>176</b>	<b>352</b>	<b>528</b>

HTP =Horas de trabajo presencial

HTI =Horas de trabajo independiente

HS =Horas de trabajo total por semana

THS =Número total de horas en el semestre dedicadas a la actividad (HS x 16 semanas)

N/A = No Aplica

#### SEGUNDO PERÍODO ACADÉMICO

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito(s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI - Sem	THS
EP	Electiva I		N/A	4	64	128	192
INV	Proyecto II		Proyecto I	5	80	160	240
INV	Seminario de Investigación II		Seminario de Investigación I	1	16	32	48
BA	Taller/Seminario de Ética II		Taller/Seminario de Ética I	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>176</b>	<b>352</b>	<b>528</b>

#### TERCER PERÍODO ACADÉMICO

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito(s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI - Sem	THS
EP	Electiva II		Electiva I	4	64	128	192
INV	Investigación I		Proyecto II	7	112	224	336
INV	Seminario de Investigación III		Seminario de	1	16	32	48

			Investigación II				
<b>TOTAL</b>				<b>12</b>	<b>192</b>	<b>384</b>	<b>576</b>

**CUARTO PERÍODO ACADÉMICO**

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito (s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI-Sem	THS
EP	Electiva III		Electiva II	4	64	128	192
INV	Investigación II		Investigación I	7	112	224	336
INV	Seminario de Investigación IV		Seminario de Investigación III	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>12</b>	<b>192</b>	<b>384</b>	<b>576</b>

**QUINTO PERÍODO ACADÉMICO**

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito (s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI-Sem	THS
INV	Investigación III		Investigación II	10	160	320	480
INV	Seminario de Investigación V		Seminario de Investigación IV	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>176</b>	<b>352</b>	<b>528</b>

**SEXTO PERÍODO ACADÉMICO**

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito (s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI-Sem	THS
INV	Investigación IV		Investigación III	10	160	320	480
INV	Seminario de Investigación VI		Seminario de Investigación V	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>176</b>	<b>352</b>	<b>528</b>

**SEPTIMO PERÍODO ACADÉMICO**

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito(s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI - Sem	THS
INV	Investigación V		Investigación IV	10	160	320	480
INV	Seminario de Investigación VII		Seminario de Investigación VI	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>176</b>	<b>352</b>	<b>528</b>

#### OCTAVO PERÍODO ACADÉMICO

Componente	Espacio Académico	Tipo	Requisito(s)	No. de Créditos	HTP - Sem	HTI - Sem	THS
INV	Investigación VI		Investigación V	10	160	320	480
INV	Seminario de Investigación VIII		Seminario de Investigación VII	1	16	32	48
<b>TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>176</b>	<b>352</b>	<b>528</b>

#### Requisitos:

Constituyen requisitos en el doctorado en Ciencias Biomédicas.

- Aprobar los cursos exigidos por el Programa, cumpliendo con el número de créditos estipulados por el mismo.
- Al finalizar el primer año el estudiante deberá tener aprobado su proyecto de tesis doctoral. El proyecto debe ser aprobado por el tutor y el comité tutorial del estudiante y contar con el aval del Comité Coordinador del Doctorado. Así mismo, deberá tener la aprobación del Comité de Bioética. Además de los puntos incluidos en el informe de Proyecto I, en el informe de este curso se debe incluir: descripción del trabajo realizado y resultados preliminares.
- Durante el segundo año el estudiante deberá someter un artículo científico como requisito de evaluación del espacio académico de investigación II, que deberá ser avalado por el comité tutorial.

#### Requisitos de grado:

a) La Tesis Doctoral. Esta es un requisito para obtener el título de PhD. Tener aprobada su tesis escrita, al igual que la sustentación oral de la misma. Una vez la tesis doctoral es aprobada por el comité tutorial, el estudiante puede entregar el documento a su tutor para revisión e iniciar el proceso de sustentación.

b) La pasantía nacional o internacional. Haber realizado una pasantía nacional o internacional, equivalente a un mínimo de 4 créditos o de 3 meses. Podrá llevarse a cabo después de haber aprobado los espacios académicos del primer año y antes de la sustentación de su tesis doctoral.

c) Haber publicado o tener aceptado para publicación en una fuente primaria 1 (un) artículo científico con resultados de su trabajo Doctoral, del cual sea primer autor (principal) o, en su defecto, 2 (dos) de los cuales sea co-autor.

d) Competencia lectora en segunda lengua. En el contexto de la Política Académico Curricular, Acuerdo 029 de julio 28 de 2016, "el nivel de competencia B1 en una segunda lengua-cultura se constituye en requisito de grado de cualquiera de los programas académicos profesionales de pregrado y posgrado de la Universidad del Quindío". El estudiante podrá tomar los espacios académicos ofrecidos por el Programa de Lenguas en los horarios establecidos para tal fin. Para la Universidad Tecnológica de Pereira también se ha definido como nivel de competencia para los estudiantes de Doctorado el nivel B1 (Acuerdo 55 del Consejo Superior del 02 de noviembre de 2016).

e) Estar a paz y salvo con la Universidad, el Programa, la red de bibliotecas y laboratorios.

### **Resultados del uso de los ambientes de aprendizaje (físicos y virtuales)**

En el contexto del Decreto 1330 de 2019, el Consejo Curricular del Programa aprueba la formulación de resultados de aprendizaje, con base en los objetivos y perfil del egresado que se encuentran en el Proyecto Educativo del Programa y estos productos se incorporan como parte integrante del presente documento.

El Programa es de modalidad presencial, con prioridad en ambientes de aprendizaje como las aulas y los laboratorios. Sin embargo, cobran especial relevancia los ambientes virtuales de aprendizaje y la mediación virtual.

Si bien desde comienzos del año 2020, se había iniciado la transformación de varios espacios académicos del primer semestre del Doctorado, con mediación virtual, a través de la plataforma Moodle, durante la pandemia Covid desde abril de 2020, el Programa ha aumentado el número de espacios académicos con mediación virtual a través de diversas plataformas y ha desarrollado el modelo de alternancia para la presencialidad en los laboratorios.

Esto se traduce en que, desde el año 2020, se ofrecen los siguientes espacios con mediación virtual, lo cual se puede observar en el siguiente cuadro sobre el total de los espacios académicos del programa:

Todo el componente básico que equivale a 8 créditos (8,9%) se ha llevado a cabo durante el presente año con mediación virtual, el componente de investigación se ha definido en presencialidad para el trabajo en el laboratorio, lo cual equivale a 62 créditos (68,9%). El

componente electivo equivalente a 12 créditos puede ser presencial o virtual y el Seminario de Investigación equivalente a 8 créditos puede ser presencial o virtual.

Si se observa por espacios académicos, en el componente básico hay 4 espacios académicos que se llevan a cabo con mediación virtual; 8 espacios académicos del componente de investigación con presencialidad para el trabajo en el laboratorio. El componente electivo (3 espacios académicos) y el Seminario de Investigación (8 espacios académicos) se han llevado a cabo presencial ó con mediación virtual.

**Tabla 9. Componentes del plan de estudios, créditos y ambientes de aprendizaje**

Componentes	No. De Créditos	No. Espacios académicos	Presencial o virtual
Básico (BA)	8 (8,9%)	4 (17,4%)	Virtual
Electivo (EP)	12 (13,3%)	3 (13,0%)	Virtual o presencial
Investigación (INV)	62 (68,9%)	8 (34,8%)	Presencial
Seminario Investigación (INV)	8 (8,9%)	8 (34,8%)	Virtual o presencial
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>23</b>	<b>Ambos</b>

Por esta razón, es importante precisar que si bien, la modalidad del Doctorado en Ciencias Biomédicas es presencial, el programa podrá ofrecer distintos ambientes de aprendizaje, incluyendo la presencialidad asistida con mediación virtual para los espacios académicos del componente básico, electivo y de investigación.

### Componentes de interacción

Es claro que la formación doctoral de cada aspirante se da a través del desarrollo o participación en un proyecto de investigación específico, siguiendo el proceso descrito por Philips & Pugh (2015). No obstante, cuando se concibió el programa, se consideró necesario impartir unos conocimientos comunes básicos en los siguientes aspectos: biología celular y molecular, ética, epistemología y bioestadística. Esta última está incluida en el programa como un espacio académico Electivo, que se oferta atendiendo un llamado de los propios estudiantes para que esto fuese así.

La formación se da en el proceso de aprender haciendo, bajo la guía del/a director de trabajo de grado, el grupo de investigación y un Comité Tutorial que lo asesora. Durante el primer año, en las actividades Proyecto I y II, el estudiante debe terminar de formalizar la idea de trabajo con la cual ingresó al programa y lograr la aprobación institucional de su trabajo, incluido el aval del Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias para la Salud. En la formulación de este trabajo, el apoyo de los/las docentes de bioética y bioestadística son fundamentales, así como, obviamente, el insumo del/a director/a de trabajo doctoral.

En los espacios de Investigación I a VI, el estudiante realiza todo el proceso de investigación, de una manera gradual, iniciando con la recolección y análisis de datos, hasta la redacción

de al menos uno o dos artículos científicos con los resultados obtenidos, así como del informe final de tesis de grado que puede ser bajo dos formalidades: convencional o por artículos. En la primera, se presenta todo el trabajo detallado con los debidos soportes y las publicaciones relacionadas con el mismo se incluyen como anexos, mientras que, en la segunda, el cuerpo de la tesis está constituido por al menos tres publicaciones en fuentes primarias, con las debidas explicaciones complementarias, en especial en cuanto a una introducción y unas conclusiones.

En el seminario regional de investigación (Seminario de Investigación I-VIII), cada estudiante debe presentar, semestralmente y ante todo el colectivo docente y estudiantil de las 4 universidades que participan en el programa, los avances en su trabajo doctoral, el cual es evaluado por al menos 2 docentes no relacionados directamente con dicho trabajo. Cada estudiante debe enviar, previamente, un resumen de su presentación, y es aquí donde se adquieren, en buena medida, las habilidades comunicativas científica por parte de los investigadores en formación.

### **Escenarios de práctica**

Dependiendo de cada proyecto específico, los estudiantes tienen laboratorios a su disposición, los cuales se detallan en el capítulo 9 (Infraestructura Física y Tecnológica), así como de otros espacios de aquellas instituciones con las cuales se establecen acuerdos o convenios e instituciones de salud, empresas de carácter público y privado. Es importante destacar que los laboratorios a cargo de los grupos de investigación de las cuatro universidades que participan en el programa están disponibles para todos los estudiantes del Programa.

### **Estrategias de seguimiento al proceso formativo**

Existen distintas instancias en las cuales se realiza esta actividad. En primer lugar, encuentros programados de cada estudiante con su respectivo/a director/a, que suelen realizarse al menos una vez por semana. En segundo lugar, se cuenta con las reuniones de los grupos de investigación, las cuales también se suelen hacer una vez por semana. La tercera instancia, que no sobra enfatizar, es el Seminario de Investigación, el cual, como ya se ha indicado, se realiza de manera conjunta entre las cuatro universidades participantes en el programa, una vez por semestre, en donde todos los estudiantes, bien sea en modalidad oral o de póster, presentan los avances de su trabajo durante el semestre que finaliza y reciben retroalimentación de sus evaluadores, así como de cualquiera de los asistentes que quiera participar. Por último, se tienen las reuniones del comité tutorial de cada estudiante, el cual se debe reunir al menos una vez por año, a partir del segundo año de formación de cada estudiante.

## **El componente de interdisciplinariedad**

La interdisciplinariedad en el Doctorado en Ciencias Biomédicas se desarrolla en la integración de diferentes disciplinas alrededor de un proyecto de investigación construido y llevado a cabo por el estudiante con el apoyo de un tutor. En este contexto se integran los distintos espacios académicos, que incluyen las electivas para fortalecer la búsqueda personal, allí se articulan diferentes áreas del conocimiento con el fin de orientar diferentes espacios académicos propios del Programa. Se integran también los distintos grupos y líneas de investigación. Y los docentes de la universidad y profesores visitantes. El Seminario General constituye el principal escenario de integración de todos los actores en este proceso de aprendizaje.

La flexibilidad del programa se ve representada en la malla curricular en la que se ofrecen electivas que incluyen electivas virtuales, también la pasantía nacional o internacional lo cual permite registrar créditos con otras instituciones o programas de la Universidad que cumplan con los contenidos académicos.

Los estudiantes podrán homologar espacios académicos de posgrado, se considera "Homologación" el acto administrativo por medio del cual los consejos curriculares reconocen asignaturas cursadas en programas académicos de posgrado de la institución o de otras reconocidas legalmente. Corresponde al Consejo Curricular del programa de posgrado que recibe al estudiante, establecer la homologación del espacio académico, teniendo en cuenta criterios como: tipo de asignatura, créditos, competencias, contenidos y metodología. También podrá hacerlo el Comité Coordinador del Doctorado.

De otra parte, los estudiantes pueden homologar cursos tomados mediante la estrategia E-learning con las asignaturas del Programa siempre y cuando se cumpla con los créditos y contenidos académicos equivalentes.

Los estudiantes también pueden realizar pasantías y capacitaciones que les permitirán un mejor desarrollo de sus trabajos de grado y una profundización en los temas de su énfasis con otras Instituciones.

## **Componente de interacción - Internacionalización del currículo**

El componente de internacionalización del currículo se hace evidente desde la concepción misma del Programa, en distintos momentos tales como el Comité tutorial, en el cual se tiene la participación de investigadores externos, o en la pasantía que la mayoría de las veces se lleva a cabo en otros países, universidades y centros de investigación.

Hacen parte de los lineamientos para la internacionalización del currículo:

- Diseñar currículos adaptados a los estándares internacionales.

- Hacer del bilingüismo, especialmente del inglés, una herramienta de trabajo cotidiana.
- Todo estudiante de Doctorado debe realizar un intercambio o pasantía preferiblemente a nivel internacional.
- Promover la participación de docentes e investigadores en redes académicas internacionales.
- Promover la movilidad internacional para efectuar un periodo de estudios, de prácticas o de investigación en el extranjero, mediante convenios o movilidad libre. Esto se hace evidente a través de la realización de intercambios de investigadores y estudiantes con universidades y grupos de investigación relacionados con las temáticas de trabajo, buscando complementariedad, potencialización de recursos y ganancia en perspectivas de diferentes metodologías y enfoques investigativos.

## **5. GESTIÓN Y CALIDAD ACADÉMICA DEL PROGRAMA**

### **Autoevaluación y mejoramiento del programa**

El Doctorado ha tenido en su historia una autoevaluación constante, de la cual han hecho parte momentos en los cuales se evidencia este proceso, como las autoevaluaciones para Renovación de Registro Calificado en los años 2013 y 2021.

Este proceso hace parte de una cultura de autoevaluación al interior del programa, cuyo hilo conductor se evidencia en el Comité Coordinador, que es el espacio de Gestión y Seguimiento permanente del Programa en Convenio entre las 4 universidades. Así mismo, en las diferentes universidades se han llevado a cabo diferentes ejercicios en este periodo.

En este momento el presente ejercicio de autoevaluación se lleva a cabo con base en la plantilla de la Universidad del Quindío, por cada una de las Universidades que hacen parte del Convenio: Universidad de Caldas, Universidad del Quindío, Universidad del Tolima y Universidad Tecnológica de Pereira.

También se llevaron a cabo las encuestas a estudiantes, docentes y egresados, en la Universidad del Quindío en 2019, en la Universidad de Caldas y Tolima en 2020 y UTP en el año 2021.

Así mismo, en el año 2019, con motivo de los diez años el Doctorado se propone iniciar el proceso de autoevaluación con fines de acreditación para el Doctorado, lo cual es aceptado.

En el segundo semestre del año 2020 se constituye el Equipo de Acreditación integrado por el Comité Coordinador del Doctorado y las personas de las Oficinas de Gestión y Aseguramiento de la Calidad de las 4 universidades que hacen parte del Doctorado.

## **Caracterización de los estudiantes:**

### **El perfil de Ingreso.**

En el aprendizaje al interior del Programa, el perfil de ingreso es un punto de partida clave, que se analiza al interior del Consejo Curricular y con los docentes, porque implica una ruta a seguir con cada estudiante

El proceso de selección al Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad del Quindío, definida en el Documento Maestro, aprobado por el Ministerio de Educación Nacional, contempla que los aspirantes serán seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

- Acreditar título de pregrado en salud humana o animal, ingeniería, ciencias exactas y/o naturales
- El estudiante debe ser presentado y aceptado por un profesor con carta de aval del grupo de investigación
- Acordar entre profesor y estudiante el tema de trabajo doctoral.
- Demostrar capacidad económica para cubrir los gastos de matrícula y manutención por al menos 4 años.
- Demostrar adecuada comprensión de lectura de textos científicos del área de trabajo publicados en inglés.
- Haber obtenido al menos un 60% de la puntuación total de la evaluación de ingreso.

El Programa ha gestionado becas para la financiación de los estudiantes, sin embargo, no todos han obtenido esta financiación y algunos se autofinancian, se ofrece apoyo para la gestión de proyecto de investigación y movilidad.

Los estudiantes participan en la gestión y desarrollo del Programa a través del Comité Curricular del Programa.

A través del proceso de auto evaluación se identifican las necesidades y se hacen propuestas para las modificaciones y mejoras en el plan curricular y las diferentes necesidades del cuerpo estudiantil

### **Caracterización de los docentes**

Todos los docentes del Doctorado tienen la formación de PhD y algunos de ellos posdoctorado. Los docentes son responsables de la planeación del contenido y la programación de los espacios académicos, los cuales se actualizan semestralmente. A través de su experiencia y saber modelan los contenidos y planean las actividades semestrales

La vinculación y remuneración de los docentes de planta se realiza acorde a los lineamientos de la Ley 30 de 1992 y el Decreto 1279 del 19 de junio de 2002, por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las Universidades Estatales

Los docentes de la Universidad pertenecientes a los programas de pregrado que orienten espacios académicos en un posgrado tienen la opción de escoger entre el reconocimiento de horas en su jornada laboral, como reemplazo a su plan de labor docente en el programa de pregrado, o una bonificación adicional según sus títulos y escalafón docente. Cuando un profesor no está vinculado a la Universidad, se vincula por una OPS (orden de prestación de servicios), por el tiempo que se requiera durante el semestre.

En casi todas las Universidades que hacen parte del Doctorado se han vinculado graduados como docentes y administrativos; los graduados también se han vinculado como docentes en diferentes Universidades tanto a nivel regional como Nacional y, la cualificación de sus docentes que a través de la investigación ha contribuido al desarrollo del área biomédica.

Los docentes son responsables de la planeación del contenido y la programación. A través de su experiencia y saber modelan los contenidos y planean las actividades semestrales en el syllabus que se articula con las actividades académico curriculares.

El plan de desarrollo profesoral considera la posibilidad de formación de docentes y asistencia a eventos y ponencias.

La Unidad de Virtualización ofrece a los docentes un programa de capacitación en competencias tecnológicas, alineado con la Política Académico Curricular. Y en el contexto de la pandemia Covid, durante el año 2020, todos los docentes del programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas recibieron capacitación para el manejo de recursos de apoyo y el uso de las plataformas virtuales, como Moodle y Cisco Webex, lo cual permitió que se oferten los espacios académicos de manera virtual.

## **Fortalecimiento de las condiciones académicas**

### **Gestión de los planes de estudio**

Al finalizar cada semestre el Comité Coordinador del Doctorado en Convenio evalúa el desarrollo, define las nuevas convocatorias y presenta propuestas para actualización o modificación de los contenidos.

Se revisa periódicamente el currículo del Programa, con el fin de adaptarlo y actualizarlo. Esto con el fin de que el Programa genere en el estudiante las competencias que el medio exige.

### **Gestión de estudiantes**

A través de los apoyos de vicerrectoría de investigaciones y de los grupos de investigación se buscó apoyar la movilidad estudiantil, la realización de pasantías en el exterior y la participación en eventos académicos

### **Gestión financiera**

El presupuesto del Programa buscó el equilibrio financiero del Programa y el apoyo a las diferentes necesidades del Programa (docentes, movilidad, recursos pedagógicos, reactivos).

### **Gestión de recursos físicos**

Los recursos físicos son administrados por el Coordinador del Doctorado en cada sede y por los líderes de los grupos de investigación. Los estudiantes reciben guías y los reglamentos para uso y manejo de los equipos en los diferentes laboratorios.

Se gestiona la ampliación locativa y el mejoramiento de la planta física; así como la adquisición de equipos actualizados para la docencia y la investigación.

### **Gestión de calidad**

El Programa realiza el proceso de evaluación siguiendo los parámetros institucionales en cada universidad y ha elaborado formatos para el seguimiento del trabajo de tutores y estudiantes

### **Gestión del control**

Las universidades cuentan con un sistema de gestión integral y formatos institucionales para el seguimiento y evaluación de sus procesos.

### **Seguimiento a la implementación de los resultados de aprendizaje**

Si bien, la adopción de los resultados de aprendizaje se está llevando a cabo como parte de este proceso de Renovación de Registro Calificado en el marco de la Resolución el Decreto 1330 del 25 de julio de 2019, es importante anotar, como puede observarse en el presente documento que el Doctorado en Ciencias Biomédicas hace un seguimiento al Desarrollo de las competencias en la formación de un PhD en desarrollo de un proyecto de investigación.

A futuro se ha previsto que el seguimiento se lleva a cabo de la siguiente manera:

<b>Resultados de Aprendizaje</b>	<b>Seguimiento</b>
<b>RA1:</b> Me apropio de los referentes conceptuales, metodológicos y axiológicos para aproximarme a las fronteras del conocimiento en Ciencias Biomédicas, sus enfoques, teorías y metodologías.	El estudiante aprueba satisfactoriamente los espacios académicos de Biología celular y molecular, epistemología, seminario de ética I y II, las electivas y la pasantía.
<b>RA2:</b> Conozco y aplico métodos y procedimientos teóricos, analíticos, bioinformáticos, de campo y de laboratorio para desarrollar mi trabajo de investigación en Ciencias Biomédicas	El estudiante aprueba satisfactoriamente los espacios académicos de Biología celular y molecular, epistemología, seminario de ética I y II, las electivas y la pasantía.

<p><b>RA3:</b> Gestiono proyectos de investigación que den solución a problemas prioritarios en salud en escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales y manejo adecuadamente la información. Científica en el área de las Ciencias Biomédicas</p>	<p>El estudiante aprueba satisfactoriamente los espacios académicos de Seminario de ética I y II, Proyecto I y II, y Seminario de Investigación I a VI. Presenta los avances y resultados ante el grupo de investigación, el Comité Tutorial y el Seminario de Investigación que se lleva a cabo semestralmente.</p>
<p><b>RA4:</b> Proyecto mi ejercicio profesional con principios éticos de la ciencia y la comunicación científica, con autonomía y con una aproximación crítica y propositiva a la realidad.</p>	<p>El estudiante aprueba satisfactoriamente todos los espacios académicos del Programa. Así mismo se hace seguimiento a los graduados.</p>
<p><b>RA5</b> Interactúo con otros profesionales, grupos, instituciones y redes de investigación, para aportar desde las Ciencias Biomédicas la generación de conocimiento y la construcción de un desarrollo humano y social sostenible.</p>	<p>El estudiante aprueba satisfactoriamente los espacios académicos del componente de investigación. Y se hace seguimiento a la productividad de los graduados y del contacto a través de las redes de investigación.</p>
<p><b>RA6:</b> Utilizo de forma apropiada el lenguaje científico, tanto en lengua materna como en lengua extranjera, para escribir, presentar, informar, comunicar y educar en el área de las Ciencias Biomédicas.</p>	<p>El estudiante aprueba satisfactoriamente todos los espacios académicos del Programa. Presenta los avances y resultados ante el grupo de investigación, el Comité Tutorial y el Seminario de Investigación que se lleva a cabo semestralmente. Presenta ponencias y publica los resultados en revistas indexadas.</p>

### Lineamientos para seguimiento a egresados

El Programa busca el contacto continuo con sus egresados y hace el seguimiento de su producción y desempeño en las entidades con las cuales se relacionan como una medida de la calidad del Programa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez JL, Guevara A, Perea GI et al. Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia, 2019. Primera edición. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología 2020.
- Bortagaray I. 2016. Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación Sustentable e Inclusiva en América Latina. UNESCO, Oficina de Montevideo.
- Bustamante N. 2018. Colombia, lejos de alcanzar la meta de inversión en ciencia. El Tiempo [en línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/presupuesto-de-inversion-en-ciencia-de-colombia-207254>.
- CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación). 2020. Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2030.
- CONPES 3582 (Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación). 2009. Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2009.
- CONPES 3835 (Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación). 2015. Formación del capital humano altamente calificado en el exterior.
- Documento de radicación: Doctorado en Ciencias Biomédicas. Red Alma Mater del Eje Cafetero. Universidades del Quindío, Tecnológica de Pereira, Caldas y Tolima. 2009.
- Documento de radicación: Doctorado en Ciencias Biomédicas. Universidades del Quindío, Tecnológica de Pereira, Caldas y Tolima. 2015.
- Gobierno de Colombia. 2020. Propuestas y Desafíos para la Salud y la Vida: Una Visión desde la Misión. Volumen 6: Propuestas del Foco de Ciencias de la Vida y de la Salud. Medellín. Pablo Javier Patiño Grajales, editor académico. Patiño Grajales, editor académico
- González-Correa CA, González-Correa CH. 2014. Investigación en la Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas (Colombia), en el contexto iberoamericano. *Hacia Promoc Salud*;19(1):13-24.
- Lucio-Arias D, Rivera Torres SC, Tique Ortiz J. et al. Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia, 2014. Primera edición. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología 2015.
- Mineducación (Ministerio de Educación Nacional de Colombia). 2015. Boletín de la Educación Superior, No. 1, Febrero 18 de 2015. Consulta realizada el 2021-03-17 en: [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-350452\\_recurso.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-350452_recurso.pdf).
- MinSalud (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia). 2016. Análisis de Prioridades Departamentales en Salud. Colombia, 2016. Dirección de Epidemiología y Demografía Bogotá, p.p. 111-8.

Mineducación (Ministerio de Educación Nacional de Colombia). 2019. Decreto 1330 de 2019.

Mineducación (Ministerio de Educación Nacional de Colombia). 2020. Resolución 21795 de 2020.

Proyecto Educativo del Programa – PEP. Doctorado en Ciencias Biomédicas. Universidades del Quindío, Tecnológica de Pereira, Caldas y Tolima 2013.

Phillips E & Pugh DS. 2015. 6a Ed. How to Get a Phd: A Handbook for Students and their Supervisors. Open University Press, Berkshire-Inglaterra.

Política Académico Curricular. Serie Calidad de la Educación 1. Universidad del Quindío 3ª edición 2006.

Plan de Desarrollo Institucional de la Universidad del Quindío. 2005-2015.

Rahman MM, Ghoshal UC, Ragunath K et al. 2020. Biomedical research in developing countries: Opportunities, methods, and challenges. Indian J Gastroenterol 39, 292–302.

Vargas M.A.2020. Crónica de una pandemia anunciada. En: Nadie se salva solo: significado de la pandemia que cambió la humanidad. Editorial Planeta Colombiana S.A.

World Bank. (2018). Fundación Nacional de la Ciencia, indicadores de ciencia e ingeniería.