

**UNIVERSIDAD ABIERTA PARA ADULTOS (UAPA)**  
**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**DOCTORADO CONSORCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**



DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA FORMACIÓN DE POSTGRADO EN  
BIOTECNOLOGÍA EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE  
REPÚBLICA DOMINICANA

OMAR SALOMÓN SOLÍS RAMÍREZ

SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA

2023

## **JURADO EXAMINADOR**

La presente Tesis de Doctorado fue aceptada y aprobada por el Tribunal Examinador del Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Abierta para Adultos (UAPA), Universidad Católica del Cibao (UCATECI), Universidad Católica Nordestana (UCNE) y la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) como requisito para optar por el grado de Doctor en Ciencias de la Educación.

Dra. Olga L. Pérez González

Presidente

\_\_\_\_\_

(Firma)

Dr. Edían Franco de los Santos

Secretario

\_\_\_\_\_

(Firma)

Dra. Onelia Carballo Reina

Vocal

\_\_\_\_\_

(Firma)

Dr. Alberto J. Núñez Sellés

Director de Tesis

\_\_\_\_\_

(Firma)

Dr. Darwin Muñoz Núñez

Lector de Tesis

\_\_\_\_\_

(Firma)

Dra, Nydia E. Espinel Barrero

Lectora de Tesis

\_\_\_\_\_

(Firma)

Tesis defendida por:

Lic. Omar S. Solís Ramírez

Doctorando

\_\_\_\_\_

(Firma)

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero, a Dios el Eterno, Todopoderoso, por darme la oportunidad de terminar con éxito este doctorado.

A mi familia -Los Ys- por el apoyo incondicional en el transcurrir, el desarrollo y finalización de esta tesis doctoral.

Al equipo del MESCyT por dar respuesta a tiempo a cada una de mis solicitudes documentales.

A la comunidad científica nacional e internacional del área de la Biotecnología que residen en la República Dominicana.

A mis 32 compañeros y al coordinador del doctorado, quienes son ya hermanas y hermanos en la construcción del conocimiento, las relaciones interpersonales positivas, respetuosas y ejemplares, modelo de un equipo funcional.

A 14 universidades que están representadas en el esfuerzo de este trabajo: a la Universidad Abierta para Adultos (UAPA), a la Universidad Católica del Cibao (UCATECI), a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), a la Universidad Católica Nordestana (UCNE), al Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), a la Universidad ISA (UNISA), a la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), a la Universidad Domingo Americano (UNICDA), a la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM), a la Universidad de Los Andes de Venezuela (ULA), a la Universidad Católica de Barahona (UCATEBA), al Instituto Superior de Formación Docente “Salomé Ureña” (ISFODOSU), a la Universidad Adventista Dominicana (UNAD), a la Universidad Nacional “Pedro Enríquez Ureña” (UNPHU) y a la Universidad Nacional Evangélica (UNEV).

Y, por último, aunque no menos, a los docentes investigadores que nos apoyaron a lo largo y durante el trayecto del doctorado, en especial al Dr. Alberto J. Núñez Sellés, del que tengo el privilegio de ser su discípulo.

## RESUMEN

*Introducción.* El diseño curricular para la formación de postgrado en Biotecnología es un asunto complejo que involucra la variedad de formaciones académicas. Las Instituciones de Educación Superior (IES) dominicanas, salvo alguna excepción, no tienen en su oferta académica de grado la formación de biotecnólogos. La formación de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas es insuficiente y debe ajustarse a las exigencias actuales del desarrollo internacional de este campo.

*Objetivo.* Evaluar y diagnosticar el estado actual de la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas, con el propósito de proponer un diseño y mapa curricular para la formación de recursos humanos de alta calificación en este campo. *Metodología.* Estudio prospectivo analítico, a través de encuestas, entrevistas y búsqueda de información en los sitios web que ha abarcado 55 IES, tanto de República Dominicana (35 IES), como de América Latina y el Caribe (10 IES), Europa (5 IES) y Estados Unidos (5 IES). Búsqueda y análisis de datos mediante encuestas a IES dominicanas, entrevistas a expertos dominicanos procedentes de IES y empresas biotecnológicas, búsqueda de planes de formación de grado y postgrado en Biotecnología en IES dominicanas y extranjeras ubicadas en posiciones destacadas del ranking mundial. *Resultados.* Se presenta una propuesta para la formación de Doctores en Ciencias (PhD) en Biotecnología con las facilidades de adaptación para todas las áreas de ese campo. Se confeccionaron 21 tablas, 12 figuras y 13 anexos con los resultados de la búsqueda, que permitieron diagnosticar y evaluar el estado actual de la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas. *Conclusiones.* Se propone la implementación del Doctorado Consorciado en Biotecnología con cuatro menciones: i. Biotecnología de las Plantas, ii. Biomedicina y Biotecnología Farmacéutica, iii. Biotecnología Industrial y Ambiental y iv. Ciencia de Datos, a partir de la experiencia de las IES dominicanas y la participación de IES extranjeras de alto ranking mundial. Se elaboró una propuesta de diseño modular (básico, especializado y electivo), un mapa curricular y un marco de referencia de competencias (genéricas y específicas) y habilidades (prácticas y digitales), como punto de partida para el diseño curricular de los planes de postgrado en Biotecnología en las IES de República Dominicana, comparable al de países de alto desarrollo en ese campo.

*Palabras clave:* Biotecnología, diseño curricular, competencias, educación de postgrado, entrenamiento en investigación.

## ABSTRACT

*Introduction.* Curriculum design for postgraduate training in Biotechnology is a complex issue involving the variety of academic training. Dominican Higher Education Institutions (HEIs), with some exceptions, do not have the degree of biotechnologists in their academic offer. The postgraduate formation in Biotechnology is not enough in Dominican HEIs and must be updated according to the present needs and the international state-of-the-art. *Objective.* To evaluate and diagnose the present status of postgraduate formation in Biotechnology in Dominican HEIs which lead to propose a design and a curricular map for training highly qualified human resources in this field. *Methodology.* Analytical prospective study through surveys, interviews and information search in web sites from 55 HEIs in Dominican Republic (35 HEIs), Latin America and the Caribbean (10 HEIs), Europe (10 HEIs), and United States (5 HEIs). Data search and analysis through a survey to Dominican HEIs and biotech companies, search of degree and graduate study plans in Biotechnology from Dominican HEIs and foreign HEIs located on prominent positions in the World web ranking. *Results.* A proposal is presented for the formation of Doctors in Biotechnology (PhD) with adaptive facilities for all the discipline fields. 21 tables, 12 figures and 13 annexes were elaborated with the search results, which lead to evaluate and diagnose the present status of postgraduate formation in Biotechnology in Dominican HEIs. *Conclusions.* The implementation of a Doctorate Consortium in Biotechnology with four mentions: 1. Plant Biotechnology, ii. Biomedicine and Pharmaceutical Biotechnology, iii. Industrial and Environmental Biotechnology, and iv. Applied Data Science is proposed from the experience of Dominican HEIs and the participation of high-ranked foreign HEIs. A modular design (basic, specialized and elective), a curriculum map, and a framework of competences (generic and specific) and skills (practical and digital) were proposed as a starting point for the curriculum design of postgraduate plans in Biotechnology for the Dominican HEIs, similar to those from high developed countries in this field.

*Key words:* Biotechnology, curriculum design, postgraduate education, research and development, research training

## ÍNDICE

<b>Capítulo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
	II.1 Preguntas de Investigación	6
	II.2 Hipótesis	6
<b>III</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
	III.1 Objetivo General	6
	III.2 Objetivos Específicos	6
<b>IV</b>	<b>JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA</b>	<b>7</b>
<b>V</b>	<b>ESTADO DEL ARTE</b>	<b>10</b>
	V.1 La Educación basada en Competencias	10
	V.2 La Educación de Postgrado	11
	V.3 La Educación de Postgrado en Biotecnología	16
	V.4 El Diseño Curricular Modular de Postgrado por Competencias	18
<b>VI</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>25</b>
	VI.1 El desarrollo de la Biotecnología hasta el Siglo XXI	25
	VI.2 La Teoría del Capital Humano	26
	VI.3 La Educación de Postgrado	28
	VI.4 La Formación de Postgrado en Biotecnología	30
	VI.5 El Diseño Curricular Modular de Postgrado por Competencias	33
	VI.6 Caracterización Epistemológica	34
<b>VII</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>35</b>
	VII.1 Diseño de la investigación.	35
	VII.2 Encuesta para diagnóstico y evaluación de los programas de grado de IES dominicanas para la formación de recursos humanos en Biotecnología.	36
	VII.3 Diagnóstico y evaluación de los programas de grado en Biotecnología de universidades de América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Europa.	37
	• América Latina y El Caribe	37
	• Estados Unidos y Europa	37
	VII.4 Encuesta para diagnóstico y evaluación de los programas de postgrado en Biotecnología de Instituciones de Educación Superior dominicanas.	38
	VII.5 Diagnóstico y evaluación de los programas de postgrado en Biotecnología de universidades de América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Europa.	39
	• América Latina y el Caribe	39

	• Estados Unidos y Europa	39
	VII.6 Revisión de la base de datos de FONDOCYT y selección de los proyectos de investigación-desarrollo en Biotecnología y áreas afines.	40
	VII.7 Entrevistas a funcionarios, docentes, investigadores, especialistas y empresarios con experiencia en el campo de la Biotecnología o relacionados con diferentes áreas de este campo.	41
	VII.8 Elaboración de propuesta de mapa curricular para la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.	41
	VII.9 Elaboración de propuesta de infraestructura de investigación científica para la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.	42
	VII.10 Diagrama de Flujo	43
<b>VIII</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>44</b>
	VIII.1 Los Programas de Grado en Biotecnología	44
	• República Dominicana	44
	• América Latina y el Caribe	49
	• Estados Unidos	50
	• Europa	50
	VIII.2 Los Proyectos de investigación-Desarrollo en Biotecnología en República Dominicana	57
	VIII.3 Los Programas de Postgrado en Biotecnología	58
	• República Dominicana	58
	• América Latina y el Caribe	59
	• Estados Unidos	59
	• Europa	60
	VIII.4 Competencias y Habilidades de los Programas de Postgrado en Biotecnología.	60
	• Competencias	72
	• Habilidades Prácticas	73
	• Otras Habilidades y Habilidades Digitales	74
	VIII.4 Mapa Curricular de la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana	79
	VIII.5 Infraestructura de investigación científica para la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana	83
<b>IX</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>84</b>
	IX.1 Diagnóstico y evaluación de los programas de grado en Biotecnología de las IES dominicanas y su correspondencia con el nivel internacional.	85

IX.2	Diagnóstico y evaluación de los programas de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas y su correspondencia con el nivel internacional	88
IX.3	Correspondencia entre los Proyectos de Investigación-Desarrollo en Biotecnología en República Dominicana y la formación de postgrado en las IES dominicanas.	93
IX.4	Diagnóstico y Evaluación de las Competencias y Habilidades.	95
	• Competencias	95
	• Habilidades Prácticas	96
	• Otras Habilidades y Habilidades Digitales	96
IX.5	Propuesta de un marco de referencia de competencias y habilidades para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología en las Instituciones de Educación Superior, República Dominicana.	98
IX.6	Mapa Curricular para los Planes de Postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas.	101
IX.7	Infraestructura de Investigación Científica y Desarrollo para el sistema de formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.	102
IX.8	Contribuciones Teóricas de la Tesis a las Ciencias de la Educación	103
<b>X.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>XI.</b>	<b>PUBLICACIONES CIENTÍFICAS RELACIONADAS CON LA TESIS</b>	<b>106</b>
<b>XII.</b>	<b>PRESENTACIONES EN EVENTOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON LA TESIS</b>	<b>106</b>
<b>XIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>107</b>
<b>XIV.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>121</b>
1	Encuesta a Profesores, Investigadores y funcionarios de Instituciones de Educación Superior de República Dominicana	121
2	Cuestionario de entrevista a docentes, investigadores y funcionarios de Instituciones de Educación Superior de República Dominicana para el Diagnóstico de la formación de postgrado en Biotecnología.	126
3	Relación de Programas Doctorales aprobados en República Dominicana, 2019	129
4	Resultados de la encuesta sobre la formación de grado en Biotecnología en Instituciones de Educación Superior, República Dominicana	130
5	Resultados de la encuesta sobre la formación de postgrado en Biotecnología en Instituciones de Educación Superior, República Dominicana	131
6	Relación de Proyectos de Investigación-Desarrollo en Biotecnología (FONDOCYT)	132

7	Oferta Académica de Doctorado y Maestrías en Biotecnología y áreas relacionadas: Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	145
8	Oferta Académica de Maestrías en Biotecnología y áreas relacionadas: Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	149
9	Oferta Académica de Maestrías en Biotecnología y áreas relacionadas: Instituto Superior Agropecuario (ISA)	152
10	Oferta Académica de Maestrías en Biotecnología y áreas relacionadas: Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM)	154
11	Oferta Académica de Maestría en Biotecnología: Instituto Superior de Formación Docente “Salome Ureña” (ISFODOSU)	157
12	Oferta Académica de Maestría en Biotecnología y áreas relacionadas: Universidad Abierta para Adultos (UAPA)	160
13	Propuesta de Mapa Curricular para Doctorado en Biotecnología en Instituciones de Educación Superior, República Dominicana	161

## RELACIÓN DE TABLAS

- 5.1 Modelos de postgrado referentes en el contexto internacional
- 5.2 Estructura del Programa de Maestría en Empresas de Biociencias, Universidad de Cambridge, UK.
- 5.3 Competencias genéricas y disciplinarias de los graduados en cursos de Masters en Biotecnología (Sudáfrica).
- 5.4 Patentes aplicadas a la Biotecnología publicadas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en el periodo 2010-2019.
- 8.1 Instituciones de Educación Superior de República Dominicana participantes de la encuesta sobre los Programas de Grado en Biotecnología.
- 8.2 Caracterización de los participantes en las encuestas a Instituciones de Educación Superior de República Dominicana.
- 8.3 Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana.
- 8.4 Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de América Latina y el Caribe mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades.
- 8.5 Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de Estados Unidos mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades.
- 8.6 Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de Europa mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades.
- 8.7 Los proyectos de investigación en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior y otras organizaciones dominicanas e instituciones afines.
- 8.8 Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Instituciones de Educación Superior dominicanas.
- 8.9 Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Universidades de América Latina y el Caribe mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades
- 8.10 Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Universidades de Estados Unidos mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades.

- 8.11 Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Universidades de Europa mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades.
- 8.12 Composición de la muestra para el desarrollo de entrevistas (n = 30).
- 8.13 Orden de prioridad de las competencias de los planes y programas de estudio de postgrado de Biotecnología en las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana y su comparación con las prioridades de empresas biotecnológicas de Estados Unidos y el Reino Unido.
- 8.14 Orden de prioridad de las habilidades prácticas de los planes y programas de estudio de postgrado en las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana y su comparación con las prioridades de empresas biotecnológicas de Estados Unidos y el Reino Unido.
- 8.15 Orden de prioridad de otras habilidades y habilidades digitales de los planes y programas de estudio de postgrado en las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana y su comparación con las prioridades de empresas biotecnológicas de Estados Unidos y el Reino Unido.
- 8.16 Matriz FODA del Sistema de Formación de Postgrado en Biotecnología en las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana.
- 9.1 Indicadores de I+D en América Latina. Publicaciones de acuerdo al *Science Citation Index* (SCI) y patentes otorgadas en 2018.
- 9.2 Propuesta de competencias y habilidades para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología, República Dominicana.

## **RELACIÓN DE FIGURAS**

- V.1 Malla curricular adaptativa para la formación de postgrado en Biotecnología (Sudáfrica).
- VI.1 Enfoque de negocios del valor del capital humano
- VI.2 El proceso de creación de valor de mercado a partir de las competencias individuales de la fuerza de trabajo
- VI.3 Representación del flujo de la información molecular desde los genes hasta los metabolitos, sus funciones y el fenotipo y sus interacciones.
- VI.4 Diagrama de Flujo Experimental para el diagnóstico y evaluación de Planes de Postgrado en Biotecnología, República Dominicana.
- VIII.1. Factores que más afectan a los Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas en las IES dominicanas. (Resultado de encuesta)
- VIII.2 Factores que más afectan a los Programas de Postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas en las IES dominicanas. (Resultado de encuesta).
- VIII.3 Frecuencia de respuestas sobre las fortalezas del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.
- VIII.4 Frecuencia de respuestas sobre las debilidades del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.
- VIII.5 Frecuencia de respuestas sobre las oportunidades del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.
- VIII.6 Frecuencia de respuestas sobre las amenazas del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.
- VIII.7 Frecuencia de respuestas sobre las necesidades de creación en infraestructura para el desarrollo de un sistema de formación de postgrado en Biotecnología.

## GLOSARIO

<b>ADN:</b>	Ácido Desoxiribonucleico
<b>ARN:</b>	Ácido Ribonucleico
<b>BPC:</b>	Buenas Prácticas Clínicas
<b>BPL:</b>	Buenas Prácticas de Laboratorio
<b>BPM:</b>	Buenas Prácticas de Manufactura
<b>CALTECH:</b>	California Institute of Technology (Estados Unidos)
<b>CBL:</b>	Caribbean Biotech Laboratories (RD)
<b>CEDAF:</b>	Centro de Desarrollo Agroforestal (RD)
<b>CEMADOJA:</b>	Centro de Educación Médica de Amistad Dominico Japonesa (RD)
<b>CENTU:</b>	Centro de Tecnología Universal (RD)
<b>CINBIOCLI:</b>	Centro de Investigaciones Biomédicas y Clínicas (RD)
<b>CRISPR:</b>	Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats
<b>CUJAE:</b>	Universidad Tecnológica de La Habana (Cuba)
<b>ELISA:</b>	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
<b>EM:</b>	Espectrometría de Masas
<b>ETH:</b>	Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich (Suiza)
<b>FDA:</b>	Food and Drug Administration (Estados Unidos)
<b>FODA:</b>	Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas (Matriz)
<b>FONDOCYT:</b>	Fondo de Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (RD)
<b>HPLC:</b>	High Performance Liquid Chromatography
<b>IA:</b>	Inteligencia Artificial
<b>I+D:</b>	Investigación-Desarrollo
<b>IBM:</b>	Ingeniería Biomédica
<b>IDIAF:</b>	Instituto Dominicano de Investigaciones Agroforestales (RD)
<b>IES:</b>	Institución de Educación Superior
<b>IIBI:</b>	Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (RD)
<b>INAFOCAM:</b>	Instituto Nacional de Formación y Capacitación del Magisterio (RD)
<b>INCE:</b>	Instituto Nacional de Ciencias Exactas (RD)
<b>INTEC:</b>	Instituto Tecnológico de Santo Domingo (RD)
<b>IOES:</b>	Instituto de Enseñanza Odontológica (RD)
<b>ISA:</b>	Universidad Instituto Superior Agropecuario (RD)
<b>ISFODOSU:</b>	Instituto Superior de Formación Docente “Salome Ureña” (RD)
<b>ITLA:</b>	Instituto Tecnológico de Las Américas (RD)
<b>JBN:</b>	Jardín Botánico Nacional (RD)
<b>LIMS:</b>	Laboratory-Integrated Management System
<b>LOYOLA:</b>	Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola (RD)
<b>MSc:</b>	Master en Ciencias
<b>MESCYT:</b>	Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (RD)

**GLOSARIO (continuación)**

<b>MIT:</b>	Massachusetts Institute of Technology (Estados Unidos)
<b>OEI:</b>	Organización de Estados Iberoamericanos
<b>O&amp;M:</b>	Universidad Dominicana de Organización y Métodos (RD)
<b>OGD:</b>	Objetivos Globales de Desarrollo
<b>OGM:</b>	Organismos Genéticamente Modificados
<b>OMPI:</b>	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Suiza)
<b>PECYT:</b>	Plan Estratégico de Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación, República Dominicana, 2008-2018
<b>PCR:</b>	Polymerase Chain Reaction
<b>PhD:</b>	Philosophy Doctor
<b>PHP:</b>	Pre-Hypertext Processor
<b>PUCCh:</b>	Pontificia Universidad Católica de Chile
<b>PUCMM:</b>	Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (RD)
<b>SCI:</b>	Science Citation Index
<b>SQL:</b>	Structured Query Language
<b>UAFAM:</b>	Universidad Agroforestal “Arturo Fernández de Meriño” (RD)
<b>UAM:</b>	Universidad Autónoma de Madrid (España)
<b>UAPA:</b>	Universidad Abierta para Adultos (RD)
<b>UASD:</b>	Universidad Autónoma de Santo Domingo (RD)
<b>UBA:</b>	Universidad de Buenos Aires (Argentina)
<b>UCATECI:</b>	Universidad Católica del Cibao (RD)
<b>UCE</b>	Universidad Central del Este (RD)
<b>UCNE:</b>	Universidad Católica Nordestana (RD)
<b>UCR:</b>	Universidad de Costa Rica
<b>UCSD:</b>	Universidad Católica de Santo Domingo (RD)
<b>UFHEC:</b>	Universidad “Federico Henríquez y Carvajal” (RD)
<b>UFSP:</b>	Universidad Federal de Sao Paulo (Brasil)
<b>UNAD:</b>	Universidad Adventista Dominicana (RD)
<b>UNAL:</b>	Universidad Nacional de Colombia
<b>UNAM:</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>UNAPEC:</b>	Universidad Acción Pro-Educación Comunitaria (RD)
<b>UNEFA:</b>	Universidad “Félix Adam” (RD)
<b>UNEV:</b>	Universidad Nacional Evangélica (RD)
<b>UNIBE:</b>	Universidad Iberoamericana (RD)
<b>UNICARIBE:</b>	Universidad del Caribe (RD)
<b>UNICDA:</b>	Universidad Instituto Cultural Dominicano Americano (RD)
<b>UNIREHMOS:</b>	Universidad “Eugenio María de Hostos” (RD)
<b>UNNATEC:</b>	Universidad Nacional Tecnológica (RD)

**GLOSARIO** (continuación)

<b>UNPHU:</b>	Universidad Nacional “Pedro Henríquez Ureña” (RD)
<b>UOD:</b>	Universidad Odontológica Dominicana (RD)
<b>UPID:</b>	Universidad de Psicología Industrial Dominicana (RD)
<b>UPR:</b>	Universidad de Puerto Rico
<b>UTECO:</b>	Universidad Tecnológica del Cibao (RD)
<b>UTESA:</b>	Universidad Tecnológica de Santiago (RD)
<b>UTESUR:</b>	Universidad Tecnológica del Sur (RD)
<b>UWI:</b>	University of West Indies (Región del Caribe)

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Biotecnología incluye campos de estudio vitales, ya que se involucra en el mejoramiento del rendimiento de los cultivos (vegetales, frutales, granos e incluso forestales), la tecnología de procesamiento y conservación de los alimentos que se consumen cada día, los procesos de fabricación de medicamentos, vacunas y medios biológicos para el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades, la preservación del medio ambiente y el tratamiento de residuales, así como de los más variados productos de consumo que se necesitan en el día a día (Clark & Pazdernik, 2015). El amplio espectro de aplicaciones de esta nueva tecnología ha atraído la atención de Gobiernos, instituciones educacionales y el sector productivo a nivel mundial, quienes han entendido que la Biotecnología tiene un elevado potencial para el desarrollo económico de cualquier país, así como los beneficios que se derivan de la creación de nuevos empleos y nuevas oportunidades de negocio. Las ventajas de la aplicación de la Biotecnología son particularmente importantes para comunidades y países que enfrentan retos de desarrollo, como es el caso de República Dominicana. Por estas razones, el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2018 de República Dominicana (en lo adelante PECYT) confirió al Programa de Desarrollo de la Biotecnología la más alta prioridad, además de la programación y el desarrollo de software, la mecatrónica y las nanotecnologías (SEESCYT, 2008).

El desarrollo acelerado de la Biotecnología y su incesante crecimiento a escala industrial en la última década (2010-2020) ha representado un reto para los programas de educación de grado y postgrado, tanto en el contenido curricular como en las metodologías y técnicas educativas, ya que las competencias a desarrollar cubren un amplio espectro de campos del saber dirigidos a estudiantes que pueden tener diferentes procedencias. Por ejemplo, los programas de postgrado en Biotecnología se pueden nutrir a partir de una amplia cantera de especialidades tales como Bioquímica, Microbiología y Genética, así como también de disciplinas tales como Botánica, Fisiología, Zoología, Agricultura y Medicina. Los graduados de Química, Física o Biología pueden llegar también a convertirse en excelentes biotecnólogos. Por tanto, el diseño curricular para la formación de postgrado en Biotecnología es un asunto complejo que involucra la variedad de formaciones académicas, cuyas percepciones e intereses pueden variar de manera considerable (Annan-Diab & Molinari, 2017).

La formación de recursos humanos de alta calificación en Biotecnología está requiriendo de un cambio de paradigma en la forma que se deben diseñar y estructurar los programas de

formación de Masters y Doctores en ese campo. Se necesita que dichos programas estimulen la creatividad y la exploración, en la medida que se va develando su verdadera naturaleza interdisciplinaria, dentro de las diversas formas de entrenamiento que le permitan al estudiante alcanzar las competencias requeridas. Para mantener el ritmo en un mundo en continuo estado de cambio, más allá del debate tradicional en educación sobre la formación especializada vs general, una de las respuestas se encuentra en el entrenamiento para la adaptabilidad y el dinamismo (Delebecque & Philp, 2019). Las Universidades pioneras en la respuesta a este cambio serán aquellas que estarán formando la nueva generación de innovadores creativos en la Biotecnología.

En la actualidad, sobre todo en los países de alto nivel de desarrollo, la Biotecnología ha conducido a la aparición de productos y procesos industriales cada vez más sofisticados, que a su vez ha incrementado la necesidad de disponer de graduados calificados con un conocimiento cada vez más profundo de los productos y procesos cuyas cualidades se basan en las Ciencias de la Vida (*Life Sciences*). De ahí la necesidad de crear una fuerza de trabajo calificada, que sea capaz de entender y trabajar en un amplio rango de laboratorios e industrias biotecnológicas que van surgiendo de manera creciente y emergente. La formación de dicha fuerza calificada debe ser capaz de combinar las habilidades tecnológicas, con una base sólida de conocimiento de Ciencias de la Vida, que permita el pensamiento crítico, la solución de problemas y la capacidad de trabajo en equipo (Radu *et al*, 2015). Ya que las Instituciones de Educación Superior (IES) dominicanas, salvo alguna excepción, no tienen en su oferta académica la formación de biotecnólogos, estas habilidades deben ser adquiridas en programas de formación de postgrado (master y/o doctor en Ciencias).

La formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas depende de varios factores; en primer lugar, la existencia de una masa crítica de Masters y Doctores en Ciencias (PhD), no solo en Biotecnología, sino además de las especialidades relacionadas que se mencionaron con anterioridad; en segundo lugar, de la disponibilidad de infraestructuras adecuadas para el desarrollo de investigaciones biotecnológicas; y en tercer lugar, de la estructuración de un plan de investigaciones científicas y/o tecnológicas en Biotecnología o áreas relacionadas, mediante Proyectos de Investigación, que cuenten con el financiamiento adecuado para esos fines, donde se puedan insertar los estudiantes de postgrado para el desarrollo de las actividades experimentales de los proyectos, cuyos resultados conduzcan al título de Master o Doctor en Biotecnología.

La presente Tesis de Doctorado se propuso realizar un diagnóstico de la situación actual de la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas y su comparación con las ofertas académicas de postgrado en IES de América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Europa de reconocido prestigio por su posición destacada en el ranking mundial web de Universidades. A partir del diagnóstico en dicho contexto, se realizó una evaluación de dichas ofertas académicas de postgrado y se complementó con las opiniones de docentes, investigadores y expertos dominicanos en Biotecnología, acerca de las prioridades que se deben otorgar a las competencias genéricas y específicas, habilidades prácticas, habilidades digitales y otras habilidades que se deben alcanzar en un sistema de formación de postgrado de Biotecnología en las IES dominicanas. Se realizó un estudio prospectivo analítico, a través de encuestas, entrevistas y búsqueda de información en los sitios web que abarcó 55 IES, tanto de República Dominicana (35 IES), como de América Latina y el Caribe (10 IES), Europa (5 IES) y Estados Unidos (5 IES). Con estos elementos, la Tesis concluye con una propuesta de diseño curricular modular para la formación de Doctores en Ciencias (PhD) en Biotecnología con las facilidades de adaptación para todas las áreas de ese campo.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el contexto de una perspectiva general, la educación dominicana enfrenta los retos de una sociedad inmersa en el entorno competitivo global, en la economía del conocimiento y la innovación educativa, donde se requieren de avances en las estructuras del sistema de educación superior, que sean implementados en programas que promuevan el conocimiento, la formación de recursos humanos avanzados y el incremento de capacidades en la investigación científica y tecnológica.

El Gobierno de República Dominicana elaboró el PECYT (SEESCYT, 2008), con el cual se pretendió cerrar la brecha de recursos humanos formados en Ciencia y Tecnología y la infraestructura de investigaciones científicas que era necesaria a escala nacional. Se realizaron revisiones de los antecedentes relevantes del proceso de formulación del plan con un amplio grupo de profesionales, investigadores y funcionarios de todo el país. Luego de identificar las áreas estratégicas en materia de investigación y desarrollo, se propuso crear un sistema de movilidad de alcance internacional, incluidos los países más avanzados, para docentes e investigadores y se dieron los primeros pasos, pero la implementación del plan se fue rezagando en el tiempo. Se llegó

a desarrollar un grupo de Maestrías en Ciencias, pero el tema de la formación de doctores en Ciencias ha quedado como una asignatura pendiente.

De acuerdo al indicador número nueve del PECYT, se programó realizar una formación de 300 doctores en Ciencias por año. Según estas previsiones, al término del PECYT (2018) se deberían haber graduado entre 1,000 y 1,500 doctores en Ciencias (Ph.D.). De acuerdo al informe general sobre estadística de educación superior del MESCyT (MESCyT, 2022), no se presentan datos de participación porcentual de egresos en el nivel de doctorado en el periodo 2008-2016. En dicho Informe se presentó el dato de una matrícula de 79 doctorandos. Aunque en la actualidad se registran esfuerzos e iniciativas para la creación de programas de doctorados en varias universidades nacionales, ello es aún insuficiente. De acuerdo al PECYT, se propuso la creación de programas interinstitucionales de formación de doctores e investigadores, entre otros sistemas de formación avanzada de recursos humanos en ciencia, tecnología e innovación, para lo cual se estimó una inversión superior a los US\$200 millones. Al finalizar el 2018, se registró la graduación de 243 Masters en Ciencias y ningún Doctor en Ciencias; de dicho total, 76 Masters se graduaron en la Mención de Biotecnología o áreas relacionadas (MESCyT, 2022).

De manera específica, el PECYT plantea textualmente (SEESCYT, 2008. pág. 101):

*“Dadas las condiciones naturales del país y la riqueza de su biodiversidad, así como la variedad de los recursos genéticos asociados a la misma, la Biotecnología constituye una de las áreas de alto potencial para el desarrollo de una industria especializada en el uso intensivo de conocimientos y en recursos humanos avanzados. Aspectos tales como la biotecnología farmacéutica, la biotecnología vegetal y la biomedicina constituyen elementos de alto potencial para nuestro país”.*

Por lo tanto, la formación avanzada de recursos humanos en áreas estratégicas como es el caso de la Biotecnología Farmacéutica, la Biotecnología Vegetal y la Biomedicina se caracteriza por ser una de las prioridades y uno de los ejes claves de políticas públicas, programas y reformas curriculares y mejoramiento de los laboratorios de Ciencias y Tecnologías. De los 79 matriculados en programas de Doctorado en el 2018, ninguno fue del área de la Biotecnología. Por lo tanto, el problema principal se encuentra en la falta de prioridad que ha tenido la formación especializada de recursos humanos en Biotecnología (Farmacéutica, Vegetal y Biomedicina), sean estos Masters o Doctores, por parte de las IES (pública y privadas) de República Dominicana.

Tanto la investigación-desarrollo como el volumen de productos y negocios de productos biotecnológicos ha experimentado un crecimiento vertiginoso desde la década de los 80 del pasado Siglo XX, lo que a su vez ha influido en el contenido y la forma de los programas de formación de postgrado en este campo. Esta “revolución biotecnológica” ha experimentado una mayor aceleración en los últimos 20 años. Mientras que las dos primeras décadas (80 y 90) fueron los tiempos de crear las bases científicas de la tecnología del ADN recombinante y la obtención de los primeros anticuerpos monoclonales, el Siglo XXI ha sido testigo de la introducción de la terapia génica, los Organismos Genéticamente Modificados (OGM), las terapias celulares y la aplicación de las diferentes técnicas “ómicas” en el complejo entramado del estudio de proteínas, genes y oligonucleótidos (Even, 2022). Uno de los problemas más importantes que debió ser abordado por el PECYT (2008-2018) fue la formación de recursos humanos en este campo y la creación de infraestructuras que permitiesen asimilar este desarrollo de la Biotecnología a escala internacional, sobre todo en el sistema de postgrado de las IES dominicanas, lo que lamentablemente no ha ocurrido hasta el día de hoy, como se demuestra en los resultados que se muestran en este trabajo.

El desarrollo de la I+D y las producciones biotecnológicas en América Latina y el Caribe muestran disparidades propias de cada país. Dentro del grupo de economías más grandes se destacan Brasil y México, en ese orden, y dentro de las economías media-pequeñas se encuentra Cuba, que constituye el principal referente para República Dominicana en el área del Caribe (Gómez *et al*, 2019). Sin embargo, mientras en los primeros existen ofertas académicas de postgrado en Biotecnología, con menciones en sus diferentes campos, donde se destacan la UNAM y el ITM (México) y la UFSP (Brasil), ubicadas dentro de las primeras 100 Universidades del ranking mundial (Clarivate, 2022), en Cuba solo existen dos ofertas específicas de doctorado en Biotecnología: Biotecnología Animal, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria-CENSA (Martínez *et al*, 2014) y la de Procesos Biotecnológicos-CUJAE (CUJAE, 2021); esta última IES se encuentra dentro del grupo de 1,000 Universidades en dicho ranking (Clarivate, 2022). No obstante, Cuba presenta la cifra más elevada de Doctores en Ciencias Básicas relacionadas con la Biotecnología (Química, Biología e Ingenierías) en el área del Caribe, como parte de la estrategia de formación de recursos humanos de alta calificación para la Biotecnología (Gómez *et al*, 2019). Dicha estrategia debe ser tomada en cuenta a la hora de abordar la problemática de formación de recursos humanos de alta calificación en República Dominicana.

La presente Tesis se propuso, por tanto, hacer una evaluación y diagnóstico de los programas de grado y postgrado de las IES dominicanas en el área de la Biotecnología, con el fin de evaluar sus resultados y hacer las propuestas necesarias para revertir la situación actual, sobre una base científica y racional, como condición imprescindible para el desarrollo de un Programa Nacional de Biotecnología, tomando en cuenta los tres factores principales: el capital humano, la disponibilidad de infraestructura de investigación en Biotecnología y la cartera de proyectos de investigación en Biotecnología y áreas relacionadas.

## **II.1 Preguntas de Investigación.**

III.1 ¿Cuál es el estado actual de la formación de grado en Biotecnología de las IES de República Dominicana y que correspondencia presenta esta formación con los programas de instituciones similares de América Latina y de países desarrollados?

III.2 ¿Cuál es el estado actual de la formación de postgrado en Biotecnología de las IES de República Dominicana y que correspondencia presenta esta formación con los programas de instituciones similares de América Latina y de países desarrollados?

III.3. ¿Cuáles deben ser las competencias y habilidades que se deben contemplar en el diseño de un mapa curricular para la formación de recursos humanos especializados en áreas priorizadas de la Biotecnología para el desarrollo de República Dominicana en este sector?

## **II.2 Hipótesis.**

El diseño curricular uniforme de la formación de postgrado de Biotecnología en las IES de República Dominicana se puede realizar a partir de la elaboración de competencias y habilidades que tengan en cuenta los avances de instituciones similares de otros países con alto desarrollo en el campo, teniendo en cuenta las características particulares de cada especialidad de la Biotecnología y del avance logrado en las investigaciones científicas en el país.

## **III. OBJETIVOS**

### **III.1 Objetivo General**

Evaluar y diagnosticar el estado actual de la formación de postgrado en Biotecnología, con el propósito de proponer un diseño y mapa curriculares para la formación de recursos humanos de alta calificación en este campo (Doctores en Ciencias) en las IES de República Dominicana.

### **III.2. Objetivos Específicos**

- a) Evaluar los programas de formación de grado y postgrado en Biotecnología de las IES de República Dominicana y su correspondencia con el nivel académico y profesional de los programas de formación de grado de instituciones similares, tanto de América Latina y el Caribe como de países desarrollados.
- b) Evaluar las competencias y habilidades de los programas de postgrado (Masters y Doctores en Ciencias) en Biotecnología de las IES dominicanas y su correspondencia con el nivel internacional, tanto en América Latina y el Caribe, como en países desarrollados.
- c) Elaborar una propuesta de mapa curricular para la formación de Doctores en Biotecnología para las IES dominicanas, como parte del desarrollo de un Programa Nacional de Biotecnología, en tanto necesidad para el desarrollo de la República Dominicana.

### **IV. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

La expansión de los sistemas de educación superior de las dos últimas décadas se ha producido en un contexto en el que el crecimiento económico de los países de América Latina y el Caribe fue modesto en relación con otras regiones. Es posible identificar procesos de transformación de la estructura productiva como resultado de la modernización y la diversificación de la economía, así como procesos de intercambio comercial, en países como Brasil, Colombia, Chile o México, al igual que en algunas economías pequeñas, tales como las de Panamá y República Dominicana. Con una marcada heterogeneidad entre los países, se observa una expansión del sector de servicios en detrimento del de la producción industrial, a los cual no es ajeno la industria biotecnológica (OEI, 2022). En este proceso, identificado como de “desindustrialización prematura” (Beylis, 2021), el empleo se mueve del sector de la industria hacia sectores de menor crecimiento de la productividad, en general el de los servicios. Normalmente, el sector industrial tiene el nivel más alto de productividad y sustento del crecimiento económico. El proceso de desindustrialización reduce la productividad general de la economía y tiene consecuencias negativas para el crecimiento real y para la mejora de las condiciones de vida. Como resultado, la OEI (2022) recomienda “*Desarrollar procesos de transformación curricular, atendiendo los proyectos de desarrollo de los países*” (p. 133), marco dentro del cual se inserta el objetivo general de la presente Tesis de Doctorado.

El aseguramiento de la calidad de la Educación y la promoción de oportunidades para todos los niveles de la sociedad es esencial para adquirir las competencias que demanda el Siglo XXI.

El problema de la sustentabilidad del planeta es también el problema de la Educación. La educación para la sustentabilidad significa que las prácticas educativas deben nutrirse de aquellas experiencias que sean capaces de potenciar, empoderar, energizar y liberar el potencial del conocimiento para el bien común (Sterling *et al*, 2018). El desarrollo de prácticas pedagógicas y curriculares de acuerdo con la educación para el desarrollo sostenible debe permitir a los estudiantes la creación de competencias tales como el pensamiento crítico y el pensamiento con enfoque sistémico, las habilidades de comunicación y la toma de decisiones en el marco de un equipo de trabajo (Leite *et al*, 2022). La adquisición de dichas competencias y habilidades, bajo el enfoque de la sustentabilidad, deben dotar al graduado de las herramientas para la transformación de la sociedad hacia una con el enfoque de los Objetivos Globales de Desarrollo (OGD) 2030 trazados por las Naciones Unidas (Rieckmann, 2018). De manera consecuente, el diseño curricular en el cual se debe aprender a vivir por y para la sustentabilidad debe ir más allá de las prácticas pedagógicas tradicionales, donde el proceso de toma de decisiones debe pasar de los profesores a los estudiantes, lo cual sería el primer paso para adoptar una pedagogía transformadora en el Siglo XXI (Reynolds *et al*, 2017).

Un estudio realizado, sobre la correspondencia entre aprendizaje, acción y transformación, que consideró los resultados de 26 estudios publicados en los últimos 20 años de países de cuatro continentes, concluyó que las competencias y habilidades prácticas adquiridas durante el aprendizaje no tuvieron influencia alguna en la transformación personal de los estudiantes, por lo que el diseño curricular debe ir más allá del proceso de enseñanza-aprendizaje, para convertirse en un mecanismo de transformación personal, sobre la base de que el estudiante es el sujeto de toda acción educativa (Moyer & Sinclair, 2020). La principal dificultad encontrada en los diseños curriculares ha sido el enfoque por disciplinas, bajo métodos pedagógicos transmisivos, y no el enfoque lógico multidisciplinario, mediante métodos pedagógicos transformativos (Gaard *et al*, 2017). Por supuesto, ello requiere que los profesores tengan el conocimiento científico y las habilidades que son necesarias para dotar a sus estudiantes del conocimiento del ser humano y su relación con el medio ambiente; en la medida que el profesor entiende con claridad el concepto de sustentabilidad, en esa misma medida será capaz de contribuir al cambio de las actitudes de sus estudiantes, así como de la relación hombre-naturaleza (Rosa & Malacarne, 2016). De acuerdo con estas ideas, se justifica la necesidad de considerar el proyecto de diseño curricular de la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana sobre la base no solo del escenario

cambiante de la propia disciplina, sino también las acciones prácticas del estudiante que le permita su movilización hacia aspectos puntuales transformativos que necesita la sociedad dominicana.

Una transformación pedagógica innovadora de la formación de postgrado, en cualquier disciplina, puede ser solo posible dentro del contexto cultural en que esta se desarrolla (Martínez & Rogero, 2021), lo cual significa que el desarrollo de un pensamiento crítico, a través de una práctica pedagógica transformativa, puede contribuir a comprender mejor las diferentes situaciones sociales. El aprendizaje transformativo implica una ruptura con la práctica de transmitir conocimientos y las prácticas habituales de enseñanza, para dar paso a espacios donde los estudiantes examinan, de manera crítica, sus expectativas de conocimientos, la búsqueda de información y desarrollan las habilidades para tomar decisiones basadas en la participación colectiva, que conducen al proceso de toma de conciencia de la necesidad de cambio (Michel *et al*, 2020).

La posesión de un título de doctorado no es una regla generalizada entre los investigadores en los países de Latinoamérica, con porcentajes por debajo del 40%, con las excepciones de Uruguay y Colombia, que alcanzan cerca del 70%. Los datos en otros países muestran a Chile, 47%; México, 42%; Perú, 40%; Argentina y Paraguay, 32%; y Costa Rica y Guatemala, 25% (RICYT, 2022). Estas cifras difieren mucho de países con sistemas de educación superior consolidados, en los que poseer el título de doctor es una condición para el inicio de la carrera académica (Yudkevich *et al*, 2020). En República Dominicana, no ha habido priorización del nivel doctoral, teniendo aún un bajo nivel de desarrollo. De ahí la necesidad perentoria de crear nuevos programas doctorales y fortalecer los pocos existentes, tomando en cuenta los fundamentos: Matemática, Física, Química y Biología, esenciales para los campos de las ingenierías. De acuerdo con el informe general de estadísticas del MESCYT 2005-2018, la cantidad de doctores en las IES era tan solo de 926, lo que representa el 4.25% de un total de 21,757 docentes en educación superior (Gómez *et al*, 2019).

La presente Tesis de Doctorado se sustenta sobre la necesidad de transformar la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana, como uno de los ejes principales de su Estrategia de Desarrollo Sostenible (MEPYD, 2012), no solo en lo referente al diseño curricular según los últimos avances de la disciplina, sino también en lo relacionado con la transformación de las prácticas pedagógicas enfocadas hacia el desarrollo del estudiante como ser social comprometido con la transformación de la sociedad en que vive, dentro de un mundo cada vez más

sustentable y globalizado. A partir de los resultados de la Tesis, se propone implementar un nuevo diseño curricular de la formación de postgrado en Biotecnología (sobre todo de Doctores en Ciencia), que permita desarrollar las competencias, habilidades prácticas y otras habilidades (con énfasis en las habilidades digitales) para su implementación en las IES dominicanas, de manera equiparable a las IES de otros países con un mayor nivel en este campo. Indudablemente, ello deberá contribuir a elevar la posición de las IES dominicanas dentro del ranking web mundial de Universidades. Más aún, la Tesis contribuye a resolver uno de los problemas más apremiantes de toda sociedad moderna: el incremento del capital humano en Biotecnología en República Dominicana, en tanto necesidad para un sistema adecuado de gestión del conocimiento, sobre una base científico-pedagógica fundamentada.

## **V. ESTADO DEL ARTE**

### **V.1 La Educación basada en Competencias**

El advenimiento de la sociedad del conocimiento y su globalización, a escalas cada vez más globales, gracias al desarrollo de las tecnologías de la comunicación y a la introducción de las técnicas digitales, ha provocado cambios sustanciales en la forma de enfrentar los sistemas educativos, en primer lugar, para en la educación general y, en segundo lugar, en la creación de aptitudes para los sistemas de empleo, cada vez más especializados y competitivos. Las IES enfrentan la actualidad seis retos principales (Zabalza, 2004):

- a) Adaptarse a las demandas del empleo.
- b) Situarse en un contexto de gran competitividad, donde se exige calidad y capacidad de cambio.
- c) Mejorar la gestión, en un contexto de reducción de recursos públicos.
- d) Incorporar las nuevas tecnologías, tanto en gestión como en docencia.
- e) Constituirse en motor de desarrollo local, tanto en lo cultural como en lo social y económico.
- f) Reubicarse en un escenario globalizado, que implica potenciar la interdisciplinariedad, el dominio de lenguas extranjeras, la movilidad de docentes y estudiantes, y los sistemas de acreditación compartidos.

El término competencia en el mundo educativo y el mundo laboral se introduce en 1970 como parte de las respuestas para enfrentar los retos descritos (Bunk, 1994). En la búsqueda de una alternativa a las pruebas de aptitud e inteligencia tradicionales, se desarrolló el concepto de “competencia” definido como una característica subyacente de una persona que le permite

demostrar un desempeño superior en un determinado puesto, rol o situación, haciendo la diferencia entre personas con desempeño excelente versus personas con desempeño promedio (Grootings, 1994). En la década de 1990 del pasado siglo XX, se consolidó la gestión del talento humano sobre la base de competencias, en el marco del proceso de Convergencia Europea de Educación Superior; se profundizó el concepto de competencia aplicado al campo de la educación superior, el cual facilitó el proceso de integración del crédito académico como criterio rector del diseño curricular universitario, tanto a nivel de grado como postgrado (García *et al*, 2004). El enfoque de esta forma de hacer el diseño curricular por competencias ha reforzado el punto de enlace entre el mercado educativo y el de trabajo, ya que se sitúa a medio camino entre la producción y el consumo de competencias por parte del aparato productivo. La capacitación y educación basada en competencias es una metodología de instrucción que identifica las habilidades básicas, conocimientos y actitudes, que satisfacen normas específicas, enfatiza estándares de ejecución y facilita el aprendizaje individual (Navio, 2001).

En la definición de competencia se destacan cuatro características (Vargas, 2008):

- La competencia incluye todo un conjunto de conocimientos, procedimientos y actitudes combinados, coordinados e integrados, en el sentido que el individuo ha de “saber hacer” y “saber estar” para el ejercicio profesional. El dominio de estos saberes le hacen “capaz de” actuar con eficacia en situaciones profesionales.
- Las competencias sólo son definibles en la acción. Poseer capacidades no significa ser competente. La competencia no reside en los recursos (capacidades) sino en la movilización misma de éstos.
- La experiencia se muestra como ineludible, tiene que ver directamente con el propio proceso de adquisición de competencias y les atribuye un carácter dinámico.
- El contexto es clave en la definición. Si no hay más competencia que aquella que se pone en acción, ésta no puede entenderse tampoco al margen del contexto particular donde se pone en juego.

## **V.2 La Educación de Postgrado**

En la Educación de Postgrado basada en competencias se espera que el aprendizaje sea demostrado con resultados, que los graduados pueden exponer a partir de aquello que saben con base en el conocimiento; que dichos resultados reflejen habilidades, actitudes y conocimientos teórico-prácticos desarrollados por el profesional, y que la evaluación esté basada en la ratificación

de resultados fundados en estándares (Lindemann, 2000). El objetivo general de la Educación de Postgrado, en cualquier rama de las Ciencias y modalidades de postgrado, es alcanzar un conocimiento científico de los conceptos y herramientas básicas de la disciplina (técnicas, procedimientos y procesos), que le permitan un cierto nivel de independencia para su aplicación en la solución de problemas, tanto productivos, económicos, como sociales (Nielssen, 2012).

Dentro del contexto internacional, los países más desarrollados cuentan con mayor tradición en este tipo de Educación, en tanto que los menos desarrollados van incorporando este tipo de formación avanzada progresivamente en sus sistemas educativos (López Romero, 2002). En general, según el país, se reconocen distintos tipos de postgrado. En Estados Unidos, se distinguen postgrados tales como: Master (Investigación/Académico), Doctorado de Estudios Avanzados (*Doctor of Philosophy- Ph.D.*) y Programas de Postdoctorado. Los tipos de programas de Máster pueden ser: Programas de investigación (*Research Master*) y Programas profesionales basados en la práctica (*Professional Master*). Se pueden distinguir los siguientes tipos de programas de Máster, según la disciplina de que se trate: Programas Centrados en la Comunidad (*Community Centered Programs*), Programas para Aprendices (*Apprenticeship Programs*), Programas para el Progreso de la Carrera (*Career Advancement Programs*) y Programas Auxiliares (*Ancillary Programs*). Generalmente, la selección se lleva a cabo teniendo en cuenta la nota del examen de ingreso, el expediente académico, el currículum vitae y el conocimiento de inglés para los estudiantes extranjeros. Al igual que en los países de la Unión Europea, los programas incluyen la posibilidad de realizar estancias en instituciones extranjeras y ofrecen cursos de doctorado de teoría y metodología, así como seminarios impartidos por expertos. Luego de esta etapa, los estudiantes rinden un examen para demostrar el nivel de conocimientos adquirido y el título (Ph.D.) se obtiene después de la presentación y defensa de la tesis doctoral, sobre la base de los resultados de un proyecto de investigación.

En el Reino Unido (R.U.), los estudios de postgrado se estructuran en tres niveles: Certificados y Diplomas (estudios especializados en áreas muy específicas), Máster y Doctorado. Los cursos de Maestría generalmente requieren uno o dos años de estudio a tiempo completo, y se pueden distinguir: Programas Orientados hacia la Especialización y Teoría (*Taught Courses*) y Programas Orientados hacia la Investigación (*Research Courses*). El doctorado es el nivel más alto dentro del postgrado y está basado en la especialización e investigación científica en una materia muy concreta, supone un mínimo de tres años de estudio a medio tiempo y requiere la realización

de un trabajo original de investigación. Asimismo, existen al menos tres tipos más de doctorados: Nueva Ruta (*New Route Ph.D.*), en el que los doctorandos se someten a un proceso de escolarización intenso, que se ha aplicado con éxito en el R.U., el doctorado basado en la práctica profesional (*Professional Doctorate, P.D.*) y el doctorado por publicaciones (que no se diferencia del Ph. D. tradicional) al que se accede cuando el candidato presenta publicaciones arbitradas por la comunidad científica internacional en un campo del conocimiento (Huisman & Naidoo, 2006; Cruz Cardona, 2014).

Tanto en el modelo europeo como en el anglosajón, se señalan los siguientes propósitos a los doctorados:

- Avance y desplazamiento de las fronteras del conocimiento, a partir de una formación general, personal e intelectual, para que el individuo adopte una actitud más abierta y flexible ante un objeto de conocimiento, se comunique mejor y más allá de las fronteras de su propia disciplina y demuestre ser autónomo intelectualmente.
- Entrenamiento intensivo en investigación que ofrezca una respuesta a las necesidades del mercado laboral, más allá de los intereses del individuo.
- Entrenamiento y formación altamente especializada en un campo profesional.

En su desarrollo histórico, se han configurado cinco sistemas o modelos de postgrado referentes en el mundo y los demás son adaptaciones o modificaciones menores hechas de acuerdo a las políticas educativas y de investigación y a la idiosincrasia de cada país. La **Tabla 5.1** muestra el resumen de las características de dichos modelos (Aguirre *et al*, 2019).

Si se reconoce que el conocimiento y la innovación son partes decisivas que contribuyen al bienestar económico, tanto desde el punto de vista personal como de la nación en su conjunto, la Educación de Postgrado asume una significación importante dentro del concepto general de “*desarrollo del capital humano*”. El desarrollo tecnológico en la era digital ha introducido cambios significativos en la formación de postgrado en el Siglo XXI. Los Masters y Doctores que alcanzan sus títulos en la actualidad se enfrentan a una demanda creciente de las empresas empleadoras de fuerza de trabajo, que requieren profesionales bien entrenados, con habilidades y competencias tecnológicas que les permitan aplicar el conocimiento adquirido, así como las competencias genéricas que le permitan contribuir a desarrollar una economía del conocimiento (Barnacle, 2005; Saint George, 2006). Este escenario ha tenido su influencia sobre los programas de investigación de los cursos de maestría y doctorado, en momentos que las políticas educativas se han ido

adaptando a los cambios y los fondos disponibles para los proyectos de investigación que dan lugar a las tesis son cada vez más escasos y altamente competitivos (Neumann, 2002). Esta situación significa que las IES deben estar adaptándose, de forma continua y según el contexto de cada país, para responder a las necesidades del desarrollo económico y social, que les permitan establecer plataformas e infraestructuras de investigación que tengan en consideración, tanto dicho escenario externo, así como las prioridades de las entidades que financian la investigación-desarrollo. Como resultado, los programas de formación de postgrado se han estado expandiendo en el mercado de la educación superior, a escala internacional, de lo cual la Biotecnología y las áreas relacionadas con esta disciplina (sobre todo aquellas vinculadas al desarrollo digital) no constituyen una excepción.

El contexto actual de la Educación de Postgrado no ha cambiado, de manera sustancial, en la mayoría de las IES, salvo en aquellas que han aceptado el reto y han elevado sus estándares de calidad en la formación de Masters y Doctores y hoy se ubican entre las primeras Universidades en el ranking mundial de las IES (Clarivate, 2022). Para que ese contexto cambie, se necesita tanto de una masa crítica de Doctores en Ciencias, como la modernización de los enfoques de los programas de Educación de Postgrado, sobre todo en el aspecto metodológico y pedagógico más importante: la supervisión, monitoreo y control por parte de los directores de tesis de doctorado (McCallin & Navar, 2012).

**Tabla 5.1** Modelos de postgrado referentes en el contexto internacional (Aguirre *et al*, 2019)

Modelo	Énfasis	Descripción
Alemán	Investigación y desescolarización	Sistema pionero. Considera muy poco la escolarización y se fundamenta en los procesos de investigación y la sustentación del trabajo de tesis. Tiene un gran vínculo con los pregrados para la continuidad de estudios. <b>Grado obtenido:</b> Maestría (4 semestres) Doctorado (8 semestres)
Británico	Alta escolarización y relevancia del tutor	Alto componente de escolarización, mientras que los procesos de investigación los diseña el tutor a quien se le asigna gran protagonismo. Los trabajos de tesis tienen un fuerte vínculo con el sector empresarial y gubernamental. Gran autonomía institucional, aunque para el nivel de doctorado existe una normativa nacional estricta. Alto grado de especialización. <b>Grado obtenido:</b> Maestría (2-4 semestres) Doctorado (6-8 semestres)
Francés	Investigación aplicada y amplitud científica	Unidad de criterios de evaluación en el ámbito nacional de forma muy detallada. Postgrados se originaron en escuelas especializadas y no en universidades. Alta relación de las tesis con grandes centros de investigación con orientación general y no específica. Se busca que el individuo no solo sea experto en un tema, sino que tenga una buena cultura científica general. <b>Grado obtenido:</b> Maestría (3-4 semestres) Doctorado (6 semestres)
Ruso	Investigación de alto nivel sin escolaridad	Sistema centralizado que se enfoca en la investigación de alto nivel a partir de planes de trabajo personalizados con miras a formar científicos y/o docentes. Sistemas de evaluación con pares externos (centralizados) además de los jurados asignados por la universidad. La Maestría forma parte del título de grado. <b>Grado obtenido:</b> Doctorado (8 semestres)
Estadounidense	Alta especialización y gran diversidad	Énfasis en la especialización con gran diversidad de titulación, particularmente en la categoría de Master. La normativa varía mucho en el país, pero existen coincidencias en la preferencia por procesos de acreditación rigurosos. <b>Grado obtenido:</b> Maestría (4 semestres) Doctorado (6-8 semestres)

### **V.3. La Educación de Postgrado en Biotecnología**

Una de las principales características del desarrollo actual de la Biotecnología, a escala global, es la alianza entre los científicos y los hombres de negocios con el propósito de acelerar los procesos de innovación y reducir el tiempo entre que se produce el nuevo conocimiento o aplicación del conocimiento y su introducción al mercado. Para lograr ese objetivo se requiere de una nueva generación de profesionales con competencias y habilidades múltiples, que puedan entender las formas, tanto de generar conocimiento como de comercializar los productos y procesos biotecnológicos (Allan *et al*, 2009). La demanda creciente de científicos con conocimientos del área de negocios proviene, sobre todo, de pequeñas empresas de base tecnológica (MIPYMES) y de los *start-ups* que pretenden encontrar su nicho en el mercado biotecnológico. Las IES consideradas como líderes alrededor del Mundo han entendido esta demanda de graduados entrenados, tanto en Ciencias como en negocios, y han incorporado varias alternativas de programas para alcanzar este objetivo. En los EE.UU. esto se logra, de forma general, mediante la incorporación de módulos optativos en temas de comercialización y de la industria biotecnológica a los programas de Maestría en Administración de Negocios (MBA), así como a otros programas de Maestrías en Ciencias específicas (Meyers & Hurley, 2008). Otra experiencia es la de la Universidad de Cambridge (R.U.), que han implementado un programa específico de Maestría en Empresas de Biociencias para graduados de las diferentes carreras de Ciencias, a quienes se le entrena en especialidades de negocios y los aspectos legales en diferentes escenarios de la industria biotecnológica, según se muestra en la **Tabla 5.2**.

Una de las disciplinas más recientes en el campo de la Biotecnología es la Ingeniería Biomédica (IBM), según el criterio de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2017). Este nuevo campo de práctica reúne a casi todos los campos de las Ingenierías para ayudar al desarrollo de un mejor entendimiento de la fisiología y las estructuras del cuerpo humano, así como a complementar el conocimiento de los profesionales clínicos en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades y en aquellos aspectos que requieran de la modificación o sustitución de la anatomía del cuerpo humano con nuevos dispositivos y servicios clínicos. La IBM es considerada la mayor responsable de la investigación, desarrollo e innovación, diseño, selección, gerencia y seguridad en el uso de todos los tipos de dispositivos médicos, lo cual incluye equipamiento médico de un solo uso o reutilizable, prótesis, implantes y la biónica, entre otros. Las funciones de los ingenieros biomédicos se han definido según lo siguiente:

- a) Uso de tecnologías para la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y cuidados paliativos para la salud y el bienestar en todos los niveles de atención de salud.
- b) Diseño, desarrollo, regulación, gerencia, instalación y mantenimiento de dichas tecnologías para su uso seguro y con efectividad de costos a través de su ciclo de vida.
- c) Aplicación de los principios de Ingeniería y conceptos de diseño a los aspectos biológicos y médicos para alcanzar nuevos conocimientos y la comprensión de dichos fenómenos a todas las escalas biológicas.
- d) Diseño de dispositivos, programas de computación, procesos y técnicas para ser utilizadas en la atención de salud y el bienestar de los pacientes, lo cual incluye los consumibles, las prótesis y órganos artificiales, la instrumentación diagnóstica y terapéutica, así como los sistemas relacionados, tales como la Imagenología por Resonancia Magnética y los dispositivos para las inyecciones de insulina automatizadas.
- e) Diseño, desarrollo y gerencia de sistemas para la sustentación óptima de los cuidados de salud en situaciones de carencia de recursos, así como durante eventos de desastre.
- f) Diseño, desarrollo y aplicación de programas de seguridad para mitigar los riesgos en el uso de procedimientos con dispositivos médicos, así como la bioseguridad y la salud ambiental mediante técnicas de disposición de residuales y de protección a las radiaciones.

El diseño curricular para la formación de un ingeniero biomédico mediante la formación de postgrado, a partir de graduados de los diferentes campos de la ingeniería, debe incluir el conocimiento de la anatomía y fisiología humanas, los conceptos básicos de ingeniería mecánica y química, mecánica de fluidos y sólidos, ciencia de materiales, instrumentación para la medición de señales biológicas, imágenes y su procesamiento, sistemas de control y automatización y dominio de lenguajes de programación.

El Foro Económico Mundial ha presentado a la Biotecnología como una de las tecnologías que manejarán el futuro de las fuerzas laborales, lo cual significa un incremento sustantivo de la demanda de profesionales calificados en este campo (World Economic Forum, 2022). El poder de la digitalización ha permitido a la Biotecnología el desarrollo de nuevos productos y procesos a partir del procesamiento de la información genética de los microorganismos, lo cual seguirá intensificándose en el futuro (Unstundag & Cevikan, 2018). Las nuevas demandas de los biotecnólogos “digitales” se han previsto en siete campos fundamentales (Masabni & da Silva, 2019):

- 1) Control de Calidad y Análisis de Materiales con el uso de laboratorios automatizados con Sistemas de Gerencia Integrados (LIMS: *Laboratory Integrated Management Systems*).
- 2) Asuntos Regulatorios que le permita al biotecnólogo navegar por el complejo mundo de la burocracia y las agencias regulatorias e interpretar la legislación.
- 3) Consultores Científicos dentro de un escenario cada vez más complejo en los procesos de clonación del ADN, los procesos fermentativos y la interpretación automatizada de los datos genéticos.
- 4) Manejo y tratamiento de residuales (aéreos, líquidos y sólidos) de acuerdo a las políticas gubernamentales y la legislación del país en materia de Bioseguridad.
- 5) Ingeniería Medioambiental que permita asegurar la preservación y sostenibilidad del medio ambiente, dentro de una política pública cada vez más presionante en el futuro.
- 6) Bioinformática para los estudios de correlación de la información genética en el desarrollo de nuevos fármacos y vacunas.
- 7) Telemedicina como parte de la estrategia *One Health* para el acceso universal a los procesos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

En el contexto latinoamericano, ha habido un creciente interés en el desarrollo de la Biotecnología, lo que ha demandado respuestas de las IES latinoamericanas en la formación de recursos humanos calificados para este campo. Más del 70% de las publicaciones científicas en un campo específico (Biomedicina y Biotecnología Farmacéutica) que aparecen en el *Science Citation Index* fueron publicadas por IES latinoamericanas (León *et al*, 2018). Aunque no existen datos que permitan demostrarlo, es posible asumir que la mayor parte de esas publicaciones fueron el resultado de las investigaciones de maestrantes y doctorandos de esas instituciones. Una característica importante de la Educación de Postgrado en Biotecnología en América Latina es su enfoque hacia la solución de necesidades propias, ya que la investigación está subvencionada mayoritariamente con fondos estatales (Confraria & Vargas, 2017).

#### **V.4 El Diseño Curricular de Postgrado por Competencias**

El diseño curricular basado en competencias profesionales es aquel que se hace aplicado a la solución de problemas de manera integral, que articula los conocimientos generales, los profesionales y las experiencias en el trabajo. La primera fase del diseño curricular por competencias es el proceso de identificación de las demandas del mercado laboral, el cual requiere una exhaustiva indagación, considerando las demandas específicas del sector al que se dirige la

formación del postgraduado y se elabora sobre la base de la información relevante del mundo exterior. La estructura curricular se puede organizar de dos maneras (Larraín & González, 2003):

- a) Mediante la organización de módulos, en los cuales se expresan directamente los conocimientos, habilidades y aptitudes de una forma evaluable. Cada módulo representa un bloque unitario de aprendizajes que abordan una o más áreas de competencia de manera globalizada, integrando conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes.
- b) Mediante la elaboración de un listado de las materias o tópicos con sus objetivos de aprendizaje bien definidos, que sean evaluables asociados a cada contenido, de la forma tradicional.

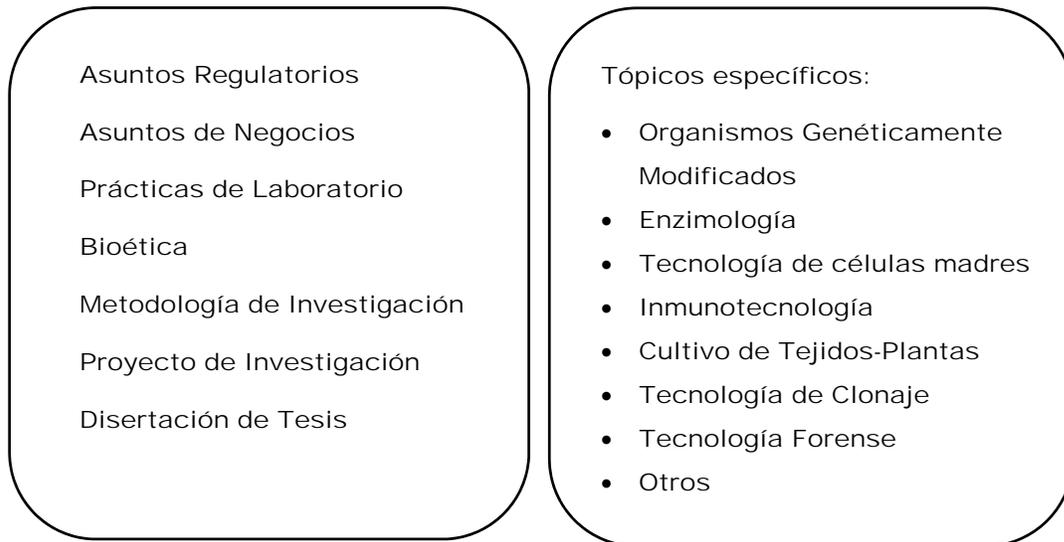
**Tabla 5.2** Estructura del Programa de Maestría en Empresas de Biociencias, Universidad de Cambridge, UK. (Universidad de Cambridge, 2022).

<b>Cursos</b>	<b>Módulos Obligatorios</b>
Ciencia y Tecnología (5 módulos)	Tratamiento de Enfermedades
	Descubrimiento de medicamentos
	Bioterapéutica
	Dispositivos de Diagnóstico
	Agrobiotecnología
Empresa (6 módulos)	Bioemprendimiento
	Análisis de Empresas Biotecnológicas
	Finanzas y Valoración
	Colaboraciones y Alianzas
	Organización y Financiamiento de una Empresa de Alta Tecnología
	Economía de la Atención de Salud
	Leyes de Propiedad Intelectual
Gerencia de la Tecnología y la Innovación (3 módulos)	Asuntos Regulatorios
	Finanzas y Contabilidad
	Ciencias Comerciales
	Teoría de las Decisiones
	Mercadeo
	Microeconomía
	Organización de la Innovación
Actividades Prácticas	Estrategia
	Bioemprendimiento
	Competencia de Planes de Negocios
	Proyecto de Consultoría
	Visitas a Empresas Biotecnológicas
	Gira de Estudios (EE.UU. y Europa)
Disertación de Tesis	

El diseño curricular de todo plan de formación de postgrado debe ser revisado y adaptado, de forma constante, debido al rápido y continuo desarrollo de la disciplina, que incorpora nuevos conceptos y descubrimiento tecnológicos, que a su vez se traducen en la adquisición de competencias cada vez más complejas. A manera de ejemplo, se ha propuesto una malla curricular adaptativa, que tenga la capacidad de ir incorporando los nuevos conceptos y avances que se van produciendo en el campo de la Biotecnología (Fossey, 2012). La **Figura V.1** muestra el diseño de dicha malla curricular. Las ventajas del diseño de la malla curricular adaptativa en Biotecnología son las siguientes:

- a) Brinda una formación que se puede adaptar a cualquier industria empleadora.
- b) Permite incorporar los nuevos conceptos y desarrollos que se van produciendo en la Biotecnología.
- c) Incorpora un mayor conocimiento de las necesidades de las empresas empleadoras.

**Figura V.1.** Malla curricular adaptativa para la formación de postgrado en Biotecnología (Sudáfrica) (Fossey, 2012).



Un estudio reciente acerca de la formación de postgrado en Biotecnología en Turquía (Gurkan & Kahraman, 2022) analizó 120 tesis de postgrado (55 de Masters y 65 de Doctores), seleccionadas dentro de un conjunto de universidades turcas en el periodo 2000-2020 con la utilización de los términos de búsqueda “biotecnología”, “ingeniería genética”, “clonación/copia”, “organismos genéticamente modificados”, “ADN recombinante” y “genoma”. La mayor proporción (45.4%) se relacionó con conceptos y aplicaciones generales de la Biotecnología,

organismos genéticamente modificados (28%) e ingeniería genética (13.4%) para un total del 86.8% en esas tres categorías, provenientes de varias carreras (Biología, Química, Ingenierías y Educación). Ese resultado demuestra que los programas de postgrado desarrollados en ese período no se actualizaron de forma sistemática para incorporar los nuevos avances de la Biotecnología, sobre todo aquellos con temas relacionados a la Biomedicina y la Biofarmacéutica.

Un ejemplo interesante de la organización de los cursos de Masters en Biotecnología con enfoque hacia la Biomedicina y la Biofarmacéutica se puede hallar en la Universidad Autónoma de Madrid-UAM (España) (Díaz & del Peso, 2010). La UAM adoptó un Programa de Biociencias Moleculares, que comprende tres menciones de maestría:

- a) Maestría en Biología Molecular y Celular, orientada hacia las investigaciones básicas en Biología Molecular de la Estructura de Proteínas, Biología Molecular de los Genes y la Biología Molecular de las Células,
- b) Maestría en Biomedicina Molecular, orientada hacia las investigaciones aplicadas en los estudios en cáncer, enfermedades inmunes e inflamatorias, neurológicas, defectos congénitos del metabolismo, endocrinas y cardiovasculares,
- c) Maestría en Biotecnología, orientada hacia las aplicaciones industriales para el desarrollo de productos relacionados con la salud, la agricultura, el medio ambiente y, en general, la industria biotecnológica y nano-biotecnológica.

Todas las maestrías incluyeron un módulo curricular inicial común denominado “*Metodología de la Investigación en Biociencias Moleculares*” enfocado hacia la adquisición de habilidades críticas relacionadas con bioseguridad, bioinformática y la comunicación científica y culminan con la presentación de los resultados de una investigación desarrollada durante el transcurso de la maestría. Estos cursos han graduado anualmente alrededor de 50 Masters en cada una de las especialidades, con una elevada aceptación por parte de estudiantes y profesores.

La importancia y relevancia de la formación del capital humano para la Biotecnología depende también del contexto nacional y de la existencia de un sistema de gerencia del conocimiento acorde a políticas nacionales definidas. Cuando el contexto nacional no es favorable, o no existe dicho sistema gerencial, la formación de postgrado y el desarrollo del capital humano no se encuentra dentro de los objetivos principales del sistema productivo biotecnológico, como se muestra en un estudio reciente sobre la Biotecnología en Rumania (Zbucea *et al*, 2019).

La Autoridad de Calificación de Sudáfrica (SAQA: *South African Qualifications Authority*) estableció en el 2010 los atributos que debían reunir los Masters en Biotecnología, requeridos por los empleadores de la industria biotecnológica sudafricana, que se reflejan en la **Tabla 5.3** (Van Koller, 2010). Uno de los logros alcanzados en la formación de postgrado en Sudáfrica ha sido la incorporación de los Masters y Doctores en diversas ramas de las Ciencias al desarrollo de la Bioinformática, gracias al apoyo brindado por la financiación gubernamental para la creación de infraestructura y formación del capital humano en dicha área de la Biotecnología (Muklder *et al*, 2016).

La formación de postgrado está unida, de manera indisoluble, a la creación de capacidades de investigación en los estudiantes, lo que constituye una etapa de tránsito a partir de sus estudios de grado. Toda tesis de maestría o doctorado se inserta dentro de un proyecto de investigación, que debe reunir los atributos de rigor metodológico, ética científica y resultados experimentales, que le permitan al estudiante demostrar las habilidades y competencias adquiridas durante sus estudios. Por lo tanto, es un requisito imprescindible que los contenidos teóricos se combinen con las actividades experimentales de investigación, propias del campo de la Biotecnología (Liu *et al*, 2021). Finalmente, el grado superlativo de la formación del postgraduado en Biotecnología, es decir, su capacidad de innovar y generar nuevos conocimientos, se debe medir por la actividad inventiva, cuyo indicador es la generación de una patente. Esta capacidad inventiva depende del área de la Biotecnología donde el futuro Master o Doctor ha desarrollado su actividad, tal como se refleja en la **Tabla 5.4** (Barragán *et al*, 2020). El 37.8% de las patentes biotecnológicas publicadas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) pertenecen a la clasificación de procesos de fermentación o enzimáticos para la síntesis de un compuesto químico, una mezcla de composición definida o la separación de isómeros ópticos de una mezcla racémica, mientras que el 32.1% son de la clasificación de composición de medios de cultivo para la propagación, preservación o el mantenimiento de nuevos microorganismos, mutantes o ingeniería genética. Es decir, casi el 70% de la actividad innovadora de la Biotecnología, con relación al número de patentes publicadas, se concentran en estas dos áreas de la disciplina. Fuera de esas dos áreas, la posibilidad de generar una patente es menor del 6%.

**Tabla 5.3** Competencias genéricas y disciplinarias de los graduados en cursos de Masters en Biotecnología (Sudáfrica). (Van Koller, 2010).

<b>Competencias Genéricas</b>	<b>Competencias Disciplinarias</b>
Demostrar las habilidades para la solución de problemas con el uso de las habilidades especializadas para identificar, diseñar y conceptualizar.	Demostrar una capacidad del conocimiento adquirido en el entendimiento de teorías, metodologías de investigación, técnicas y métodos relevantes, disciplina y la capacidad de aplicar ese conocimiento en un contexto particular
Capacidad de implementar métodos de búsqueda para la solución de problemas complejos que significan un reto dentro de su área de especialización.	Capacidad de involucrarse y criticar investigaciones y prácticas de investigación, de manera específica para alcanzar una formación de Master en Biotecnología.
Capacidad para entender las consecuencias de las soluciones o ideas generadas dentro del contexto de su especialidad.	Capacidad de integrar el conocimiento de diversas fuentes de información en un área específica de especialización.
Habilidades para diseñar e implementar una estrategia para el manejo y procesamiento de la información.	Evaluar los procesos de producción de conocimiento en su área de especialización.
Habilidades para utilizar los recursos académicos y profesionales a su alcance para comunicar y defender ideas y resultados del producto de su trabajo de investigación.	Seleccionar el proceso más apropiado de búsqueda del conocimiento en su área de especialización.
Demostrar las capacidades para comunicarse con auditorios diversos en cuanto al nivel de experiencia y conocimiento en su campo.	Capacidad para entender las complejidades e incertidumbres en la selección, aplicación y transferencia de procedimientos estandarizados, técnicas y procesos de problemas no comunes en su área de especialización.
Habilidades para realizar intervenciones al nivel apropiado, sobre la base de las relaciones jerárquicas, y la capacidad de abordar las consecuencias de sus intervenciones	Demostrar las habilidades para diseñar, seleccionar y aplicar técnicas, métodos, procesos o tecnologías para la solución de problemas complejos, teóricos y prácticos.
Capacidad de interactuar efectivamente dentro de un grupo profesional de trabajo	
Capacidad de gerencia del aprendizaje para desarrollar sus propias estrategias profesionales de una manera independiente y asumir la responsabilidad de los resultados de su trabajo	

**Tabla 5.4.** Patentes aplicadas a la Biotecnología publicadas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en el período 2010-2019 (Barragan *et al*, 2020).

<b>Código</b>	<b>Cantidad de patentes (%)</b>	<b>Clasificación</b>
C12P	735 (37.8)	Procesos de fermentación o enzimáticos para la síntesis de un compuesto químico, una mezcla de composición definida o la separación de isómeros ópticos de una mezcla racémica
C12N	623 (32.1)	Composición de medios de cultivo para la propagación, preservación o el mantenimiento de nuevos microorganismos, mutantes o ingeniería genética
C12M	114 (5.9)	Aparatos para la microbiología o la enzimología
C07C	82 (4.2)	Compuestos acíclicos o carbocíclicos
A61K	81 (4.2)	Preparaciones para usos médicos, dentales o cosméticos
C12R	78 (4.0)	Esquemas de clasificación asociados con subclases relacionadas con microorganismos
C02F	76 (3.9)	Tratamiento de aguas, aguas residuales y lodos
C07K	54 (2,8)	Péptidos
B01D	51 (2.6)	Métodos de separación
C07H	47 (2.4)	Azucres y sus derivados, nucleósidos, nucleótidos y ácidos nucleicos

## VI. MARCO TEÓRICO

### VI.1 El Desarrollo de la Biotecnología hasta el Siglo XXI

La fermentación de la cebada y la uva para producir cerveza y vino, respectivamente, es un proceso biotecnológico que ha sido registrado históricamente hace más de 8 mil años. Las primeras bases científicas para entender como los microorganismos trabajan en los procesos fermentativos fueron expuestas por Louis Pasteur en 1860; Gregory Mendel expuso sus primeros trabajos sobre genética en 1869, y Friedrich Miescher aisló por primera vez el ADN (la molécula de la vida) en 1871. Sin embargo, el término *biotecnología* se empleó por primera vez en una publicación de Karoly Ereky, a quien se ha dado en llamar el *Padre de la Biotecnología* (Fari & Kralovanszky, 2006). Beadle & Tatum (1941) propusieron la hipótesis “un gen, una proteína” y posteriormente se reconoció al ADN como la molécula de herencia (Thiemann, 2009). Pero el verdadero inicio de la era moderna de la Biotecnología tuvo lugar con el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN por Watson, Crick, Wilkins & Franklyn (DePolanco, 2006). Posteriormente, Cohen *et al* (1973) lograron transferir material genético de un organismo a otro y Riggs (1978) fue el primero en manipular una cepa bacteriana para la producción de insulina, que hasta entonces se producía a partir del páncreas del cerdo. La Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA por su acrónimo en inglés) aprobó el primer OGM para su venta en el mercado en 1994 (FDA, 1994). Quizás uno de los hitos más contradictorios en los avances de la Biotecnología, debido a sus implicaciones éticas, fue la clonación, por primera vez, de un mamífero (la oveja Dolly) a partir de las células de las glándulas mamarias de una hembra adulta en 1996 (Wilmut, 2003).

El Siglo XXI comenzó con uno de los mayores avances en la era de la Biotecnología moderna cuando se logra la primera secuencia del genoma humano por parte de un equipo internacional liderado por Collins & Venter (Macilwain, 2000); el perfeccionamiento de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), cuya autora, Kary Mullis, mereció el Premio Nobel de Química en 1993 (Jäger & Weiher, 2020), y posteriormente Doudna (Doudna & Charpentier, 2014) desarrolló la tecnología CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats*)-Cas9 (esta última un tipo de endonucleasa) para la edición del genoma, como una herramienta clave para la regulación y la reparación de genes, lo cual ha venido a revolucionar el enfoque de la Biotecnología hacia una nueva rama: la Biología Sintética (Müller, 2020). Con el desarrollo y avance de la revolución digital en la era 4.0, se ha creado una nueva generación de biotecnólogos:

los “biotecnólogos digitales” (Prochaska & Schiller, 2021), una de cuyas mayores expresiones es el desarrollo de la Bioinformática (Baxeyanis *et al*, 2020) y el uso de herramientas de Inteligencia Artificial (Artico *et al*, 2022) en el diseño y desarrollo de nuevos productos biotecnológicos. No menos importante es el uso, cada vez más intensivo, de las técnicas “ómicas” en diferentes aplicaciones de la Biotecnología (Amer & Baidoo, 2021).

## **VI.2 La Teoría del Capital Humano**

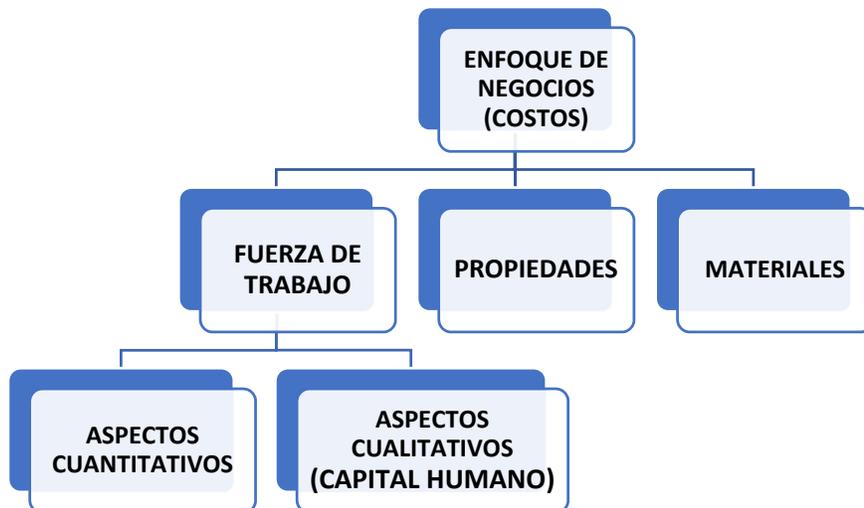
La Teoría del Capital Humano (TCH) parte de la premisa que la educación determina la productividad marginal del trabajo y ello determina los ingresos que percibe el individuo. Desde la década de los años 60 del pasado siglo XX, esta teoría ha prevalecido en el análisis de las relaciones económicas, políticas y públicas entre los sistemas educativo y laboral (Schultz, 1961). Con anterioridad, el concepto de capital humano no era más que una frase sugerente y no desempeñaba papel alguno en las discusiones acerca de las políticas educativas. Sin embargo, a partir del concepto de que el gasto público en educación era una forma de inversión con una elevada tasa de retorno demostrable, lo cual puede contribuir a elevar la capacidad de alcanzar metas importantes de los objetivos de un país, se empezó a crear la base de desarrollo de la TCH, sobre todo en los EE.UU. (Holden & Bidle, 2017). Las razones por las cuales esta teoría tuvo su influencia en la política educativa de EE.UU. fueron: (i) las implicaciones que pueden tener sobre un rápido crecimiento económico y la reducción de la pobreza, lo cual pasó a ser parte de las prioridades de la agenda nacional, y (ii) la aplicación de una lógica persuasiva en la demostración de la evidencia empírica que demostraba la relación existente entre la educación y dichos objetivos económicos y sociales.

Se acepta en la actualidad que la TCH ha promovido que la educación juega un papel clave fundamental en la aceleración del crecimiento económico (Gillies, 2011). En principio, la economía de un país será más o menos eficiente en la medida de la inversión que se haga en educación, lo cual no deja de tener algunos aspectos problemáticos. En primer lugar, no se pueden circunscribir los objetivos y propósitos de una política educativa al estrecho campo de los objetivos económicos. Por otra parte, la TCH no contempla los más complejos aspectos de la realidad social de los individuos y el contexto en el cual desarrollan su vida social, al pretender utilizar un modelo teórico que no contempla el análisis multivariado de un gran número de variables interdependientes. En su concepto, se impone un modelo de análisis lineal a un proceso de tránsito muy complejo, que va desde una educación heterogénea del individuo hasta su realización el

mercado laboral (Marginson, 2019). Es decir, la TCH no permite explicar como la educación permite aumentar la productividad del trabajo, ni tampoco como los salarios han devenido más homogéneos, de manera independiente al título o las competencias que han sido alcanzadas por el individuo durante su formación en el sistema educativo (Van der Merwe, 2010).

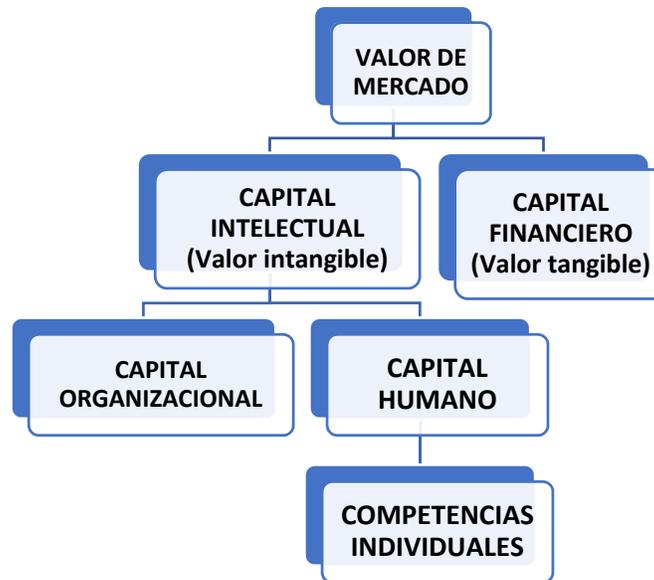
Ninguno de los modelos descritos en la literatura determina el valor real del capital humano y no existe una visión unificada aceptada por la mayoría, Las investigaciones más recientes han contemplado el escenario familiar, entorno cultural, habilidades individuales, estado civil, género y estilo de vida, es decir, no solo la relación entre educación y salario (Tan, 2014). El nuevo enfoque del capital humano parte del supuesto que las habilidades productivas de un individuo se forman a partir de la educación, la calificación, la participación en entrenamientos y las experiencias laborales (Schulz *et al*, 2013). Este nuevo enfoque requiere de una alta motivación del individuo para su desempeño laboral, donde las personas motivadas, con deseos de aprender y aplicar sus conocimientos especializados y habilidades en sus hábitos laborales, están dirigidos a incrementar la eficiencia de la organización en la que trabajan. Es decir, el capital humano intrínsecamente motivado tiene un valor mucho más alto para una organización, que aquel desmotivado o con una motivación extrínseca. (Nemeth, 2017).

El entendimiento de los conceptos básicos de la TCH tiene una influencia decisiva en el éxito del plan de negocios de toda organización, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, a partir de la calificación de su fuerza de trabajo (**Figura VI.1**).



**Figura VI.1.** Enfoque de negocios del valor del capital humano (Kucharčíková, 2011)

En el proceso de creación de valor de mercado de una entidad existen tanto factores tangibles como intangibles. El valor intangible se crea a partir de la organización estructural de la entidad, tanto a lo interno como lo externo, y de las competencias individuales que han sido adquiridas por los integrantes de la entidad en su proceso de formación profesional. El capital de innovación de la entidad se crea, por tanto, desde las competencias del capital intelectual (**Figura VI.2**).



**Figura VI.2** El proceso de creación de valor de mercado a partir de las competencias individuales de la fuerza de trabajo (Kucharčíková, 2011)

### **VI.3 La Educación de Postgrado**

La Educación de Postgrado es el peldaño superior en la formación de capital humano dentro del sistema educativo de toda nación, dirigido a la creación de capacidades y competencias individuales de la más alta calificación. A diferencia de la Educación de Grado, es una formación basada en la investigación-desarrollo, pues todo Master o Doctor debe ejecutar y concluir un proyecto de investigación que da lugar a resultados, los cuales debe presentar y defender en el paso final de su formación de postgrado: la Tesis. Por tanto, la calidad de la formación de postgrado en una IES depende, tanto a escala nacional como institucional, de: (i) la cultura de investigación; (ii) la calidad del sistema educativo y de la IES; (iii) la disponibilidad de infraestructura para actividades de investigación; (iv) el acceso a fondos para el financiamiento de proyectos de investigación; y (v) la existencia de una masa crítica de Doctores en Ciencias, que puedan actuar como directores/supervisores de Tesis (Kompf & Denicolo, 2013). Este último factor se ha

considerado por algunos autores como el factor decisivo en la Educación de Postgrado (Muñoz, 2014).

Las definiciones sobre lo que es un postgrado varían según los cinco factores mencionados con anterioridad; sin embargo, sea cual sea la definición que se adopte de postgrado, se trata de estudios posteriores a la obtención de un grado o título académico profesional previo. Se acepta que la Educación de Postgrado es un proceso social de crecimiento y cambio continuo, que tiene como propósito el perfeccionamiento que conduce a los estudiantes postgraduados a conseguir sus propios logros fundamentados en sus capacidades y potencialidades, relacionando su aprendizaje con las responsabilidades personales y sociales que le son propias, mediante su preparación para aportar soluciones concretas en su entorno profesional y laboral (Muñoz, 2014). Otros autores (Domínguez, 2000), consideran como definición de postgrado al sistema de formación intelectual, que conlleva un conjunto de actividades académicas dirigidas principalmente al descubrimiento, creación, innovación e inferencia de conocimientos, creación de habilidades y destrezas, así como creación de técnicas y valores humanos. La Educación de Postgrado va dirigida a satisfacer las necesidades de enseñanza e investigación de las IES, tanto de las Ciencias Básicas como de sus aplicaciones para resolver problemas, que se presentan en los sectores de producción de bienes y servicios, así como las necesidades del sector productivo y de servicios.

El objetivo principal de la Educación de Postgrado es proveer educación y formación avanzada en investigación, desarrollo e innovación, lo que es importante en el contexto del desarrollo económico y de las necesidades de fuerzas de trabajo que conforman el capital humano de toda entidad (Osmer, 2012). Es, en definitiva, la continuación de la educación superior en la búsqueda de una especialización en un área del conocimiento con el fin de consolidar las competencias y habilidades del graduado como investigador (Bernache, 2006); es decir, la misión central de la Educación de Postgrado es formar investigadores que sean capaces de incrementar el capital intelectual y de innovación de la entidad empleadora a la que se incorporará en su vida laboral.

La Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrados (AUIP) entiende por postgrado la formación superior avanzada que se imparte después de una licenciatura, ingeniería o título universitario, cuyo propósito fundamental es formar para el ejercicio especializado de una profesión, la preparación para la docencia universitaria, la investigación científica o la aplicación tecnológica (AUIP, 2010). La formación de postgrado, y particularmente de doctorado, es una

respuesta del sistema de educación superior al sistema laboral, que demanda profesionales armados de herramientas de trabajo a partir de una formación sistemática en torno al pensamiento lógico y científico (Krauskopf, 2003). El objetivo fundamental de la Educación de Postgrado es preparar al graduado para asumir los distintos roles de la vida académica: la docencia universitaria, la investigación científica o la prestación de servicios a la comunidad o a su entorno social, cultural o productivo. Una característica importante es que, mediante los resultados de los proyectos de investigación que dan lugar a las tesis, se generan conocimientos originales, que pueden llegar a convertirse en ideas innovadoras (Abreu *et al*, 2014). Por esas razones, la Educación de Postgrado se convierte en la herramienta fundamental de la creación de capital humano, que cataliza el desarrollo de las entidades y empresas para la creación de valor en un mundo cada vez más competitivo.

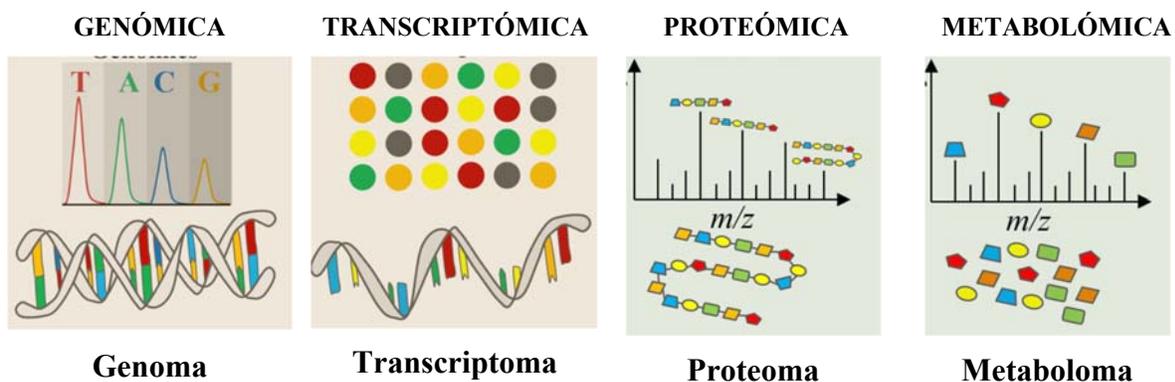
Por su naturaleza, la Educación de Postgrado se desarrolla de una forma dinámica, ya que se debe adaptar, de forma continua, a los nuevos requerimientos que se van produciendo con la producción de nuevos conocimientos y avances de la Ciencia, por lo que su concepto de diseño curricular debe ser capaz de asimilar los cambios que se van produciendo en todos los escenarios, sea este científico, tecnológico, económico o de negocios.

#### **VI.4 La Formación de Postgrado en Biotecnología**

La Biotecnología ha sido reconocida, a escala global, como una de las especialidades de la Ingeniería que dominará el escenario futuro de la demanda de fuerza laboral (World Economic Forum, 2022). El desarrollo de este campo ha ido evolucionando, según el propio desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el siglo XXI, de manera tal que se impone una actualización de los planes y programas de estudio, tanto de grado como de postgrado, que permita ir adaptando las competencias, objetivos y habilidades a desarrollar según las exigencias del presente (Grant *et al*, 2014). En el caso de la formación de Masters y Doctores en las diferentes ramas de la Biotecnología, con una fuerte componente de investigación, este problema es de mayor importancia, dado que los proyectos de investigación que sustentan las tesis de maestría o doctorado deben estar acordes con este cambiante escenario. A manera de ejemplo, se debe mencionar el desarrollo acelerado de los sistemas operativos y lenguajes de programación, producto de la llamada “revolución 4.0”, de manera tal que se ha impuesto la demanda de “biotecnólogos digitales” (Prochaska & Schiller, 2021). Dentro de las nuevas demandas en la formación especializada de biotecnólogos, hoy se encuentran como prioridades la Bioinformática y la

Telemedicina (*One Health*), así como los sistemas integrados de gerencia de laboratorio, conocidos por su acrónimo en inglés, LIMS (*Laboratory Integrated Management Systems*) (Unstundag & Cevikan, 2018). Estos nuevos atributos de los biotecnólogos deben ser tenidos en cuenta a la hora del diseño curricular de los planes de formación de postgrado, donde el desarrollo de las competencias que se deben alcanzar en estos programas tiene un mayor componente de habilidades prácticas y digitales, las cuales deben formar parte de dicho diseño curricular (Peyzner & Shamir, 2009). Experiencias interesantes con ese propósito han sido desarrolladas en Sudáfrica (Fossey, 2012), Turquía (Gurjan & Kahraman, 2022), Brasil (Muñiz *et al*, 2018), China (Liu *et al*, 2021) y México (Membrillo *et al*, 2019).

Otro de los avances relevantes de la Biotecnología en el siglo XXI, que no se debe obviar en la formación de postgrado, es la introducción de las llamadas “tecnologías ómicas” como parte de las herramientas de las ingenierías biológicas (Amer & Baidoo, 2021). Dichas tecnologías parten del estudio del genotipo, mediante el ensayo y validación de genomas sintéticos o modificados (genómica), y el estudio del juego completo de ARNs transcritos desde el genoma (transcriptómica), hasta llegar al estudio del fenotipo mediante la identificación del juego completo de proteínas excretadas por los genes (proteómica) y su función en el metabolismo (metabolómica). Para entender las bases fundamentales de las Ciencias de la Vida resulta necesario, por tanto, un enfoque “multiómico” que permita hacer la elucidación de la estructura química, las funciones, el desarrollo, la adaptación y evolución de los sistemas biológicos (ver **Figura VI.3**)



**Figura VI.3.** Representación del flujo de la información molecular desde los genes hasta los metabolitos, sus funciones y el fenotipo y sus interacciones.

Dentro del desarrollo cada vez más acelerado de la Biotecnología, es necesario destacar el crecimiento que está teniendo el uso de softwares y paquetes de programas específicos para dar respuesta a importantes preguntas de índole biológica, a lo cual se ha denominado Bioinformática. Para responder esas preguntas, se deben procesar, de manera rigurosa, volúmenes elevados de archivos de datos que permitan llegar a conclusiones válidas desde el punto de vista biológico (Baxeyanis *et al*, 2020). Este enfoque ha comenzado a cambiar la forma en que se debe hacer Ciencias Básicas y está desempeñando un papel fundamental en el estudio de problemas biomédicos importantes, lo que ha conducido a la aparición de un nuevo tipo de especialistas: los bioinformáticos (Vincent & Charette, 2015). Sin embargo, aún no existe consenso entre los expertos sobre qué es un bioinformático y, por tanto, cuáles deben ser los elementos curriculares que se deben tener en cuenta en su formación (Smith, 2015; Welch *et al*, 2014). Las IES en Europa, Asia y América del Norte han estado adaptando sus diseños curriculares de postgrado en Biotecnología para incorporar las herramientas que utiliza la Bioinformática, que les permita cubrir la creciente demanda de este tipo de especialistas, tanto en el sector académico como público y privado (Grant, 2018). Aquellos graduados en Ciencias de la Vida que no están involucrados, de forma directa, en un programa de Bioinformática necesitan estar entrenados en sus conceptos básicos para poder entender los datos de las herramientas bioinformáticas y evitar una errónea o equivocada interpretación de los resultados que brinda (Betts & Smith, 2005).

Los avances obtenidos en las diferentes técnicas de la Biotecnología y la introducción de las técnicas digitales más avanzadas ha conducido a una nueva forma revolucionaria de editar y construir genes con nuevas tecnologías de modificación del ADN: la Biología Sintética (Muñoz *et al*, 2019), la cual se puede definir como la disciplina para diseñar y construir nuevas partes, mecanismos y sistemas biológicos, o re-diseñar sistemas biológicos existentes y otorgarles nuevas y mejores cualidades con un propósito definido. A partir de ella, es posible desarrollar nuevas metodologías para estudiar la funcionalidad de los propios sistemas biológicos. Los sistemas biológicos sintéticos deben reunir características muy específicas para ser considerados como tales, por ejemplo: a) ser computacionalmente predecibles, b) ser medibles, c) ser controlables y d) ser transformables (adicionar funciones y/o regular funciones existentes). La obtención de células sintéticas mediante estas tecnologías es uno de los mayores retos al que se enfrenta esta disciplina en los próximos 10 años (Gallup *et al*, 2021).

Las expectativas causadas por los impactos positivos de la Biotecnología en el desarrollo socioeconómico han atraído la atención de autoridades, gobiernos y público en general, por sus posibles implicaciones éticas, sobre todo en las áreas relacionadas con la manipulación genética y los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente, así como por el efecto de la liberación descontrolada de los OGM o la manipulación en seres humanos (Trump *et al*, 2021). El uso malintencionado de las poderosas herramientas tecnológicas o accidentes en las instalaciones donde se realizan la I+D o las producciones biotecnológicas pueden tener consecuencias catastróficas, de lo cual existen ejemplos en la literatura publicada (Sahl *et al*, 2016; Raposo, 2019). Por tanto, es absolutamente necesario, en el diseño de todo programa de grado o postgrado en Biotecnología, la inclusión de los aspectos relacionados con la Bioética y la Bioseguridad, así como el conocimiento de los principales tratados internacionales que existen sobre la materia, que permita, a todos los involucrados en la formación de recursos humanos en Biotecnología, la adopción de un código de conducta que promueva los principios éticos y el cumplimiento de las normas de comportamiento, que muchas veces van más allá de los requerimientos legales (Oeschger & Jenal, 2018).

### **VI.5 El Diseño Curricular Modular de Postgrado por Competencias**

El diseño modular de una malla curricular de postgrado requiere los siguientes pasos (Irigoín & Vargas, 2002):

- a) Identificar las competencias y los conocimientos asociados.
- b) Derivar los objetivos de formación de las competencias que se busca desarrollar (resultados del aprendizaje).
- c) Establecer los vínculos entre áreas, módulos, asignaturas y actividades (expectativa horizontal).
- d) Establecer la progresión de los aprendizajes dentro de cada unidad de tiempo (trimestre, cuatrimestre o semestre) (expectativa vertical).

Las fases del diseño de un módulo son (Orozco, 2019):

1. Análisis de los elementos que conforman cada competencia.
2. Definición del nombre del módulo.
3. Formulación definitiva de los objetivos generales y específicos del módulo y de su evaluación.
4. Selección de la modalidad de formación.

5. Estructuración de las unidades modulares y de los tiempos.
6. Selección de contenidos.
7. Diseño de las experiencias de aprendizaje.
8. Desarrollo de los recursos de aprendizaje.
9. Diseño del plan e instrumentos de evaluación.
10. Requerimientos docentes.

La articulación modular es tanto vertical como horizontal. La articulación vertical se da dentro del programa modular y entre programas modulares de diferentes niveles; la articulación horizontal, se da dentro del mismo sector productivo y entre diferentes sectores productivos. Los saberes que movilizan una unidad de competencia son agrupados de forma coherente en un módulo profesional. Los módulos se pueden combinar en mallas curriculares para itinerarios de formación. Estas relaciones pueden ser de precedencia, cuando un módulo antecede al otro, o de concurrencia, cuando un determinado módulo no es prerrequisito de otro y puede funcionar en forma paralela a otro. El itinerario puede así ofrecer una gran flexibilidad, cuyos límites están en las eventuales dificultades de gestión, pero no en el diseño técnico de la malla curricular (Casanova, 2012).

Nunca como antes, los paradigmas de la educación de postgrado en Biotecnología han tenido una evolución tan acelerada como en el presente. Quizás el más llamativo sea el de la introducción de la Inteligencia Artificial (IA) que está modificando conceptualmente la forma de innovar en este campo (Goh & Sze, 2019), todo lo cual conduce a tratar de reducir el tiempo de la curva de aprendizaje de conceptos y fundamentos de la Biotecnología (Jain, 2013). En esa dirección, muchos autores han adoptado el sistema de aprendizaje STEAM (*Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics*) como vía de enseñanza muy efectiva en los módulos de aprendizaje de los cursos de Biotecnología (Utomo et al, 2020; Zaragoza & Fernández, 2021).

#### **VI.6 Caracterización epistemológica**

Un análisis reciente de los aspectos epistemológicos de la Biotecnología y sus implicaciones en las técnicas educativas ha reconocido que el principal reto consiste en conocer y aplicar su estructura disciplinar, tanto sustantiva como sintáctica, a la hora de identificar y seleccionar los contenidos relacionados con los aspectos más controvertidos de esta Ciencia (Espinel & Valbuena, 2018). Dentro del paradigma científico predominante de la Biotecnología se pueden identificar dimensiones que, en ocasiones, se entrelazan con los niveles de construcción del conocimiento, tales como (Gutiérrez, 2021):

- **Nivel epistemológico:** Se relaciona con todo aquello que se pretende conocer, la relación con el objeto de investigación, la utilidad y propósito de la investigación, así como las actitudes que se deben asumir en el estudio de la realidad.
- **Nivel teórico:** Se vale de los procedimientos epistemológicos para establecer relaciones entre los objetos, de lo cual se derivan hipótesis y teorías.
- **Nivel metodológico:** Incluye todos los procedimientos que tienen relación con el conjunto de operaciones que se realizan de manera sistemática para conocer y actuar sobre la realidad.
- **Nivel técnico:** Se asocia con las actividades concretas de la investigación y los instrumentos que se utilizan para alcanzar los resultados.

Las categorías epistemológicas consideradas en la presente Tesis de Doctorado han considerado estos cuatro niveles, dentro de lo cual se encuentran las siguientes:

1. **Contextualización:** El análisis de contexto mediante la búsqueda de información en sitios web sobre las ofertas académicas en Biotecnología, tanto de grado como de postgrado, de las IES de República Dominicana, que permita realizar un diagnóstico del objeto de evaluación de la Tesis. En este caso se combinan el nivel epistemológico con el nivel técnico de la investigación, que utiliza como herramientas las encuestas a docentes y funcionarios de IES dominicanas. Este análisis se complementa con la información obtenida de sitios web de IES de América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Europa, que permite realizar los análisis comparativos y la evaluación de las ofertas académicas de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas.
2. **Implementación:** El análisis de infraestructuras y proyectos de investigación en Biotecnología en las IES dominicanas, que permita evaluar las posibilidades de implementación de un sistema de formación de postgrado en Biotecnología dentro de un sistema educativo que combina docencia e investigación.
3. **Competencias y habilidades:** La elaboración del conjunto de competencias y habilidades que se requieren por el Master o Doctor en Biotecnología, a partir de los resultados de entrevista y encuesta a docentes, investigadores y personal técnico de empresas biotecnológicas dominicanas, en lo cual se combinan los saberes de todos los niveles de conocimiento (epistemológico, teórico, metodológico y técnico), con énfasis especial en las habilidades digitales.

4. **Construcción:** El análisis comparativo de los diseños curriculares de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas, latinoamericanas, estadounidenses y europeas, a partir del cual se pueda construir una propuesta de mapa curricular para la formación de Doctores en Biotecnología en las IES dominicanas, así como las propuestas de infraestructuras de investigación que se requieren para alcanzar dicho propósito.

## **VII. MARCO METODOLÓGICO**

### **VII.1 Diseño de la Investigación.**

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal con el propósito de cumplir con el objetivo general ya mencionado, en el periodo 2005 al 2020. Se hizo el análisis de contenidos de la bibliografía revisada sobre el tema, que permitió la reflexión de cuál ha sido el desarrollo de las investigaciones en el diseño curricular de postgrado, específicamente en el campo de la Biotecnología. Se realizó el análisis de las ofertas académicas de grado y postgrado de Biotecnología en 35 IES de República Dominicana, así como en otras 20 IES de diferentes regiones geográficas (Estados Unidos, Europa y América Latina-Caribe) a los efectos de comparación. Estas IES fueron seleccionadas entre las de mayor ranking mundial de Universidades. Se realizaron encuestas entre las 11 IES dominicanas que tienen ofertas académicas en Biotecnología y se entrevistaron 30 especialistas dominicanos de larga experiencia en Biotecnología. Los resultados obtenidos fueron analizados teóricamente mediante análisis-síntesis e inducción-deducción. Los datos de los entrevistados fueron analizados de forma anónima, para lo cual se asignó un código a cada personalidad, y sus nombres no fueron publicados a los efectos éticos. A continuación, se desglosan las actividades de investigación realizadas para cada objetivo específico, de acuerdo con el enfoque planteado.

### **VII. 2 Encuesta para diagnóstico y evaluación de los programas de grado de IES dominicanas para la formación de recursos humanos en Biotecnología.**

Se realizó el diseño de la encuesta para diagnóstico y evaluación de los programas de grado a partir de la adaptación de la encuesta que se aplica para medir el grado de cumplimiento de las normas ISO 9001 en los sistemas de gestión de calidad, el cual se muestra en el **Anexo I** (Núñez Sellés, 2012). Se aplicó la encuesta a un grupo de 20 IES dominicanas. La encuesta tuvo 10 preguntas que se contestaron mediante una (X) en el cuadro que correspondía. Se le pidió al encuestado que hiciera una valoración cuantitativa en una escala del cero (0) a (4), según los

criterios siguientes, así como la que más se adaptase a la situación actual de la institución en la que se desempeña el encuestado:

- 0 No existe o existe pero no se realiza
- 1 Existe, pero no funciona de manera sistemática
- 2 Existe y funciona de manera sistemática
- 3 Existe y funciona con una mejora continua de la calidad
- 4 Es un ejemplo para el sector de la Biotecnología en República Dominicana

Para obtener los puntos totales de cada encuestado, se contaron las (X) de las preguntas 1 a la 10 y se calculó el porcentaje, dividiendo el total de puntos entre 20 (máximo posible). Los dos escenarios extremos fueron cuando todas las preguntas tuvieron un valor de 0 (0 %) o 4 (100%). El escenario intermedio es cuando se obtuvo un porcentaje del 50%.

A partir de los resultados de la encuesta se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- IES dominicanas con programas de grado en Biotecnología y áreas afines
- Tipos de especialización en Biotecnología en los programas de grado.
- Incentivos y percepciones de la formación de grado en Biotecnología.

La encuesta se realizó utilizando la aplicación electrónica *Google forms*. Se creó el cuestionario con esta herramienta tecnológica. Se envió una carta de motivación a cada IES vía correo electrónico; se le compartió el enlace para contestar la encuesta y que, de manera inmediata, se fueran direccionando los resultados de la respuesta de la encuesta al archivo general del proyecto de tesis doctoral. Estos resultados de la encuesta fueron impresos y tabulados de manera individual para cada universidad.

### **VII.3 Diagnóstico y evaluación de los programas de grado en Biotecnología de universidades de América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Europa.**

- **América Latina y el Caribe.**

Se buscó la información de los programas en la formación de grado en Biotecnología en las IES más importantes de los países seleccionados. La selección de los países se hizo sobre la base de la ubicación geográfica (Caribe y América Latina) y de aquellos con mayor nivel de desarrollo de la Biotecnología de acuerdo con el *Science Citation Index* (México y Brasil). A partir de los resultados de la revisión se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- IES con experiencia en programas de grado en Biotecnología y áreas afines de diferentes áreas geográficas.
- Ofertas de grado en Biotecnología y otras disciplinas relacionadas.

La búsqueda de información para cumplir esta actividad se realizó mediante el acceso a los sitios web de las IES seleccionadas. La selección de las IES se realizó de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Ubicación destacada entre las IES del Ranking Web de Universidades (Clarivate, 2022).
- b) Distribución geográfica (América Latina y el Caribe).

- **Estados Unidos y Europa.**

Se buscó la información de los programas de grado en la formación de grado en Biotecnología en las 10 IES más importantes de los países seleccionados (5 de EE.UU. y 5 de Europa). La selección de los países se hizo sobre la base del más alto nivel de desarrollo (Estados Unidos, Alemania, Suiza, España y Reino Unido). A partir de los resultados de la revisión se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- IES con experiencia en programas de grado en Biotecnología y áreas afines de Estados Unidos y Europa.
- Ofertas de grado en Biotecnología y otras disciplinas relacionadas

La búsqueda de información para cumplir las actividades 1.2 y 1.3 se realizó mediante el acceso a los sitios web de las IES seleccionadas. La selección de las IES se realizó de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Ubicación destacada en el Ranking Web de Universidades (Clarivate, 2022).
- b) Distribución geográfica (Estados Unidos y Europa).

#### **VII.4 Encuesta para diagnóstico y evaluación de los programas de postgrado en Biotecnología de Instituciones de Educación Superior dominicanas.**

Se realizó el diseño de la encuesta para diagnóstico y evaluación de los programas de grado a partir de la adaptación de la encuesta que se aplica para medir el grado de cumplimiento de las normas ISO 9001 en los sistemas de gestión de calidad, el cual se muestra en el **Anexo I** (Núñez Sellés, 2012). Se aplicó la encuesta a un grupo de 20 IES dominicanas. La encuesta tuvo 10 preguntas que se contestaron mediante una (X) en el cuadro que correspondía. Se le pidió al encuestado que hiciese una valoración cuantitativa en una escala del cero (0) a (4), según los

criterios siguientes, así como la que más se adaptase a la situación actual de la institución en la que se desempeña el encuestado:

- 0 No existe o existe pero no se realiza
- 1 Existe, pero no funciona de manera sistemática
- 2 Existe y funciona de manera sistemática
- 3 Existe y funciona con una mejora continua de la calidad
- 4 Es un ejemplo para el sector de la Biotecnología en República Dominicana

Para obtener los puntos totales de cada encuestado, se contaron las (X) de las preguntas 1 a la 10 y se calculó el porcentaje, dividiendo el total de puntos entre 20 (máximo posible). Los dos escenarios extremos fueron cuando todas las preguntas tuvieron valor 0 (0 %) o 4 (100%). El escenario intermedio se obtuvo para un porcentaje del 50%.

A partir de los resultados de la encuesta se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- IES dominicanas con programas de postgrado en Biotecnología y áreas afines
- Tipos de especialización en Biotecnología en los programas de postgrado.
- Incentivos y percepciones de la formación de postgrado en Biotecnología.

La encuesta se realizó utilizando la aplicación electrónica *Google forms*. Se creó el cuestionario con esta herramienta tecnológica. Se envió una carta de motivación a cada IES vía correo electrónico; se le compartió el enlace para contestar la encuesta y que, de manera inmediata, se fueran direccionando los resultados de la respuesta de la encuesta al archivo general del proyecto de tesis doctoral. Estos resultados de la encuesta fueron impresos y tabulados de manera individual para cada IES.

#### **VII.5 Diagnóstico y evaluación de los programas de postgrado en Biotecnología de Universidades de América Latina y el Caribe, Estados Unidos y Europa.**

- **América Latina y el Caribe**

Se buscó la información de los programas de postgrado en Biotecnología en las IES más importantes de los países seleccionados. La selección de los países se hizo sobre la base de la ubicación geográfica (Caribe y América Latina) y de aquellos con mayor nivel de desarrollo de la Biotecnología de acuerdo con el *Science Citation Index* (México y Brasil). A partir de los resultados de la encuesta se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- IES con experiencia con programas de postgrado en Biotecnología y áreas afines del área de América Latina y el Caribe.

- Tipos de especialización en Biotecnología en los programas de postgrado.

La búsqueda de información para cumplir esta actividad se realizó mediante el acceso a los sitios web de las IES seleccionadas. La selección de las IES se realizó de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Ubicación destacada entre las IES del Ranking Web de Universidades (Clarivate, 2022)
- b) Distribución geográfica (América Latina y el Caribe).

- **Estados Unidos y Europa.**

Se buscó la información de los programas de postgrado en Biotecnología en las IES más importantes de los países seleccionados. La selección de los países se hizo sobre la base del más alto nivel de desarrollo (Estados Unidos, Alemania, Suiza, España y Reino Unido). A partir de los resultados de la revisión se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- IES con experiencia con programas de postgrado en Biotecnología y áreas afines de Estados Unidos y Europa.
- Tipos de especialización en Biotecnología en los programas de postgrado.

La búsqueda de información para cumplir esta actividad se realizó mediante el acceso a los sitios web de las IES seleccionadas. La selección de las IES se realizó de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Ubicación destacada entre las IES del Ranking Web de Universidades (Clarivate, 2022).
- b) Distribución geográfica (Estados Unidos y Europa).

## **VII.6 Revisión de la base de datos de FONDOCYT y selección de los proyectos de investigación-desarrollo en Biotecnología y áreas afines.**

Se buscó la información de los proyectos de investigación-desarrollo en Biotecnología y áreas afines de las IES dominicanas y otras organizaciones vinculadas al sector de la Biotecnología que han sido financiados por FONDOCYT en el periodo 2005-2020, como base para el desarrollo de investigaciones vinculadas a la obtención de alguno de los títulos de postgrado contemplados en el Reglamento de Postgrado del MESCyT, Maestría o Doctorado (MESCyT, 2009). A partir de los resultados de la revisión se elaboraron las siguientes Tablas y Estadígrafos:

- Proyectos de investigación-desarrollo (I+D) en Biotecnología y áreas relacionadas ejecutados por IES dominicanas y organizaciones vinculadas al sector de la Biotecnología.
- Distribución de los proyectos I+D en las especialidades de la Biotecnología.

La búsqueda de información para cumplir esta actividad se realizó mediante el acceso a los archivos de FONDOCYT de que dispone la Dirección de Investigaciones, Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT), República Dominicana, en el período 2005-2020. La clasificación de los Proyectos, según las ramas de la Biotecnología, se realizó según lo siguiente (Orozco, 2019):

- a) Biotecnología Vegetal
- b) Biotecnología Agrícola
- c) Biotecnología Forestal
- d) Biotecnología Animal
- e) Biotecnología Alimentaria
- f) Biotecnología Industrial
- g) Biotecnología Ambiental
- h) Biotecnología Forense
- i) Biomedicina
- j) Bioenergía

#### **VII.7 Entrevistas a funcionarios, docentes, investigadores, especialistas y empresarios con experiencia en el campo de la Biotecnología o relacionados con diferentes áreas de este campo.**

Se realizó la entrevista a 30 expertos (docentes e investigadores) con más de 15 años de experiencia en el campo de la Biotecnología o áreas relacionadas de República Dominicana, según cuestionario que aparece en el **Anexo 2**. Dicho cuestionario contiene una tabla de competencias, habilidades prácticas y otras habilidades, incluyendo las habilidades digitales, que el entrevistado debió ordenar en orden decreciente de prioridad. Para cada epígrafe se confeccionó el estadígrafo correspondiente y se determinó el orden de prioridad de las competencias, habilidades prácticas y otras habilidades (incluyendo las digitales), según la frecuencia de asignación de los entrevistados, así como el grado de unanimidad de los entrevistados con relación a dicha competencia o habilidad, mediante un factor de frecuencia. Un valor de 1.0 para el factor de frecuencia significó que todos los entrevistados incluyeron la competencia dentro de las prioridades, de manera independiente al grado de prioridad. A igual valor del factor, el orden de prioridad se determinó por la frecuencia de las prioridades en orden decreciente, es decir, el número de veces que la competencia se ubicó en la prioridad 1, 2, 3, ..., y así sucesivamente.

## **VII.8 Elaboración de propuesta de mapa curricular para la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.**

La propuesta teórico-práctica de un mapa curricular para la formación de postgrado en Biotecnología se realizó sobre la base de las experiencias de aprendizaje, tanto de IES dominicanas, como de las IES de otros países con experiencia en el campo, que debe permitir a los graduados alcanzar el máximo desarrollo de capacidades y dominio de las competencias y habilidades para insertarse en el mercado laboral de manera satisfactoria (Casanova, 2012). Para tal propósito, se determinaron cuatro grupos de competencias o habilidades que se deben alcanzar en el diseño curricular:

- a) **Competencias Genéricas:** Aquellas que debe alcanzar el graduado para saber actuar, que implica la movilización y combinación eficaz de recursos individuales (conocimientos y procedimientos) y del medio (información y materiales), empleando la reflexión para resolver problemas complejos (Bolívar, 2010)
- b) **Competencias Específicas:** Aquellas que le permiten al graduado alcanzar niveles de desempeño en su campo de investigación, que le permiten reconocer el problema y aplicar las técnicas y métodos que sean necesarios para su solución, es decir, entender y transformar (Bernal, 2007).
- c) **Habilidades Prácticas:** El dominio de las técnicas, métodos, normas, regulaciones, procedimientos y todo aspecto práctico de la metodología de la investigación que le permitan ser eficaz en la solución de problemas en su campo de acción investigativa (Cruz, 2019).
- d) **Habilidades Digitales:** El dominio de sistemas operativos, lenguajes de programación, almacenamiento y correlación de bases de datos y toda técnica digital que le permita incrementar la productividad de la investigación en el campo específico de acción (Palomo *et al*, 2006).

## **VII.9 Elaboración de propuesta de infraestructura de investigación científica para la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.**

A partir de las entrevistas realizadas a expertos y gerentes con experiencia en la Biotecnología (**Anexo 2**), se elaboró una matriz FODA (Mujica, 2016), que permitió hacer la propuesta de infraestructura de investigación científica, tanto por mejoramiento de instalaciones ya

existentes, como la creación de nuevos sitios de investigación en aquellas IES que hayan participado, de manera destacada en los Proyectos FONDOCYT. La propuesta se enfocó hacia dos objetivos: 1. Modernizar equipamiento e infraestructura de las capacidades existentes en las áreas de la Biotecnología con mayor experiencia en República Dominicana, y 2. Crear infraestructura y adquirir equipamiento en las áreas de la Biotecnología que son una necesidad de desarrollo de República Dominicana.

La representación esquemática del diagrama de flujo experimental de la tesis se muestra en la **Figura VII.1**.

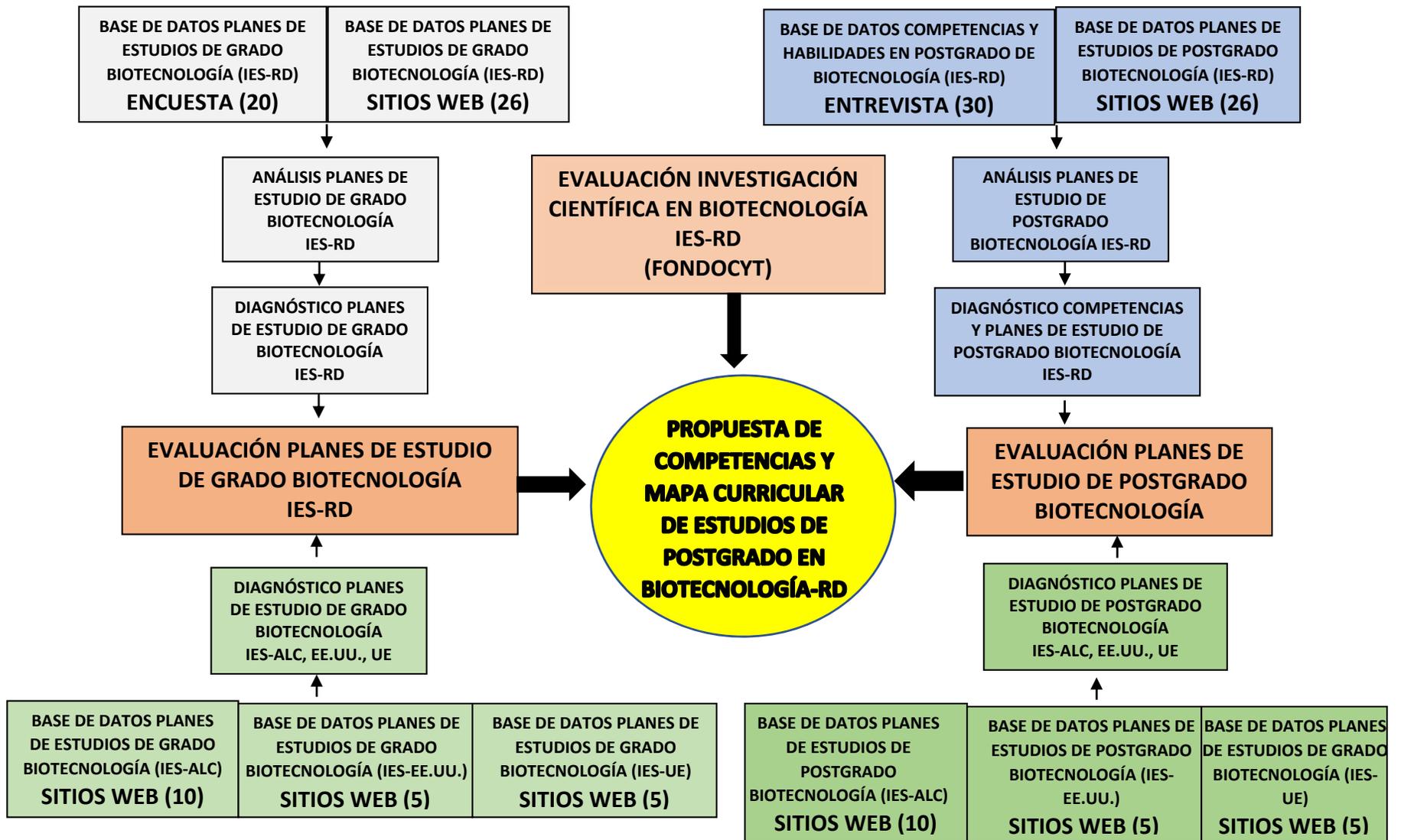


Figura VII.1. Diagrama de Flujo Experimental para el diagnóstico y evaluación de Planes de Postgrado en Biología

## VIII. RESULTADOS

### VIII.1 Los Programas de Grado en Biotecnología.

- **República Dominicana.**

Se encuestó un total de veinte (20) IES dominicanas, cuya relación se muestra en la **Tabla 8.1**. El 60% (12/20) tienen su sede central en la provincia de Santo Domingo, el 35% (7/20) en Santiago de los Caballeros y la región del Cibao y el 5% (1/20) en San Pedro de Macorís. Del total de sujetos encuestados, 25% (5/20) tenían el grado de Doctor en Ciencias (Ph. D.) y el 75% (15/20) el grado de Master en Ciencias (M. Sc.). 6 encuestas (23%, 6/26) fueron descartadas al no tener el sujeto alguna de estas dos calificaciones. La **Tabla 8.2** refleja algunos datos adicionales de los encuestados.

El 15% (3/20) de las IES encuestadas cuentan con carreras de grado vinculadas, de forma directa, a la Biotecnología. Una de ellas vinculada a la Biotecnología Industrial (INTEC) y dos de ellas a la Biotecnología Alimentaria (UASD y Loyola). Este porcentaje se incrementa al 25% (5/20) cuando se consideró la inclusión de la asignatura “Biotecnología” en alguna de las carreras de la oferta académica de las IES, sobre todo en las carreras de Licenciatura en Biología y Química. Más aún, el porcentaje se incrementa al 50% (10/20) cuando se consideró la inclusión de al menos un capítulo relacionado con la Biotecnología dentro de los programas de alguna asignatura de la carrera, lo cual generalmente se hace dentro de los programas de las asignaturas de Biología y Química.

Aunque un grupo importante de IES (25%, 5/20) cuentan con la carrera de Licenciatura en Bioanálisis (UASD, UCE, UTESA, UTECO y UCATECI), el enfoque del plan de estudios de la carrera y los programas de las asignaturas relacionadas con los métodos de análisis instrumental de laboratorio no se relacionó, de forma directa, con un enfoque dirigido al desarrollo de métodos y procesos biotecnológicos, tales como el análisis de proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos, ni a las técnicas cromatográficas y los diferentes tipos de técnicas espectroscópicas requeridas para ello. Un grupo de 2 IES (10%, 2/20) -UNIBE y PUCMM- incluyen dentro de sus ofertas de grado carreras vinculadas a la Biomedicina, pero su vinculación con la Biotecnología se consideró que era de forma indirecta, dado el perfil de los graduados que se reflejó en los sitios web de esas IES. Otra IES (UTESA) oferta la carrera de Fármaco-Bioquímica (5%, 1/20) enfocada hacia la formulación y producción de medicamentos. Si se suma esta cantidad al grupo inicial (oferta

directa), entonces la oferta de carreras de grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología en las IES dominicanas se duplica (45%, 9/20).

**Tabla 8.1.** Instituciones de Educación Superior de República Dominicana participantes de la encuesta sobre los Programas de Grado en Biotecnología.

Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	Universidad Abierta para Adultos (UAPA)
Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	Universidad Católica de Santo Domingo (UCSD)
Universidad Instituto Superior Agropecuario (ISA)	Universidad Instituto Cultural Dominicano Americano (UNICDA)
Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA)	Universidad Católica del Cibao (UCATECI)
Universidad Central del Este (UCE)	Universidad “Eugenio María de Hostos” (UNIREHMOS)
Instituto Superior Loyola (Loyola)	Universidad Católica Nordestana (UCNE)
Universidad del Caribe (UNICARIBE)	Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA)
Universidad O&M	Instituto Superior de Formación Docente “Salome Ureña” (ISFODOSU)
Universidad Iberoamericana (UNIBE)	Universidad Acción Pro-Educación Comunitaria (UNAPEC)
Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM)	Universidad Nacional “Pedro Henríquez Ureña” (UNPHU)

**Tabla 8.2.** Caracterización de los participantes en las encuestas a Instituciones de Educación Superior de República Dominicana.

Docentes	9
Docentes-Investigadores	5
Funcionarios académicos	6
Entre 1 y 5 años de experiencia en labor docente	3
Entre 5 y 15 años de experiencia en labor docente	11
>15 años de experiencia docente	6

La información recogida de las encuestas fue verificada posteriormente en los sitios web de las IES correspondientes, como fuente principal de referencia. La **Tabla 8.3** resume la oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las IES dominicanas, cuyos planes de estudio se pueden encontrar en los sitios web de las IES encuestadas.

Con relación a la infraestructura para la realización de prácticas de laboratorio docentes (Biología y Química), el 80% (15/20) cuenta con las instalaciones para dichas actividades de enseñanza práctica. No obstante, una tercera parte de los encuestados que respondió positivamente (5/15) expresaron que dichos laboratorios no se utilizan de forma sistemática. El porcentaje con relación a la disponibilidad de infraestructura de laboratorios para poder realizar investigaciones relacionadas con la Biotecnología se redujo al 25% (5/20) de esas mismas IES y en el 100% de los casos señalaron que no se utilizan de forma sistemática.

La percepción que existe entre los docentes, investigadores y funcionarios académicos de las IES encuestadas, sobre la necesidad de incorporar la carrera de Biotecnología (Licenciatura o Ingeniería) a la oferta académica de grado es baja (30%, 6/20), aunque una proporción mayor (45%, 9/20) consideró que existen las condiciones objetivas e incentivos para que los estudiantes de nuevo ingreso a las IES seleccionen como primera opción la carrera de Biotecnología. No obstante, sólo el 15% (3/20) cuentan con M. Sc. o Ph. D. en alguna de las especialidades de la Biotecnología dentro del cuerpo de docentes que dispone la IES para acometer esa tarea.

**Tabla 8.3** Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana.

<b>Institución de Educación Superior</b>	<b>Programa de Grado en Biotecnología o Área de la Biotecnología</b>	<b>Fuente</b>
Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	Biotecnología Ingeniería Biomédica	<a href="https://www.intec.edu.do/oferta-academica/grado/">https://www.intec.edu.do/oferta-academica/grado/</a>
Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	Microbiología Bioanálisis Tecnología de Alimentos	<a href="https://soft.uasd.edu.do/planesgrado/">https://soft.uasd.edu.do/planesgrado/</a>
Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola	Tecnología de Procesamiento de Alimentos	<a href="https://superior.ipl.edu.do/">https://superior.ipl.edu.do/</a>
Instituto Superior Agropecuario (ISA)	Tecnología de Alimentos	<a href="http://isa.edu.do/es/">http://isa.edu.do/es/</a>
Universidad Central del Este (UCE)	Bioanálisis	<a href="https://www.uce.edu.do/sitios/oferta-academica/oferta-grado.html">https://www.uce.edu.do/sitios/oferta-academica/oferta-grado.html</a>
Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA)	Fármaco-Bioquímica Bioanálisis	<a href="https://www.utesa.edu/santiago/academico.php?var=1">https://www.utesa.edu/santiago/academico.php?var=1</a>
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)	Bioanálisis	<a href="https://uteco.edu.do/oferta-academica/">https://uteco.edu.do/oferta-academica/</a>
Universidad Católica del Cibao (UCATECI)	Bioanálisis	<a href="https://www.ucateci.edu.do/oferta-academica/grado/salud/bioanalisis">https://www.ucateci.edu.do/oferta-academica/grado/salud/bioanalisis</a>
Universidad Iberoamericana (UNIBE)	Ingeniería Industrial y de Sistemas	<a href="https://www.unibe.edu.do/oferta-academica/">https://www.unibe.edu.do/oferta-academica/</a>
Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM)	Ingeniería Industrial y de Sistemas	<a href="https://www.pucmm.edu.do/academico/oferta-grado">https://www.pucmm.edu.do/academico/oferta-grado</a>

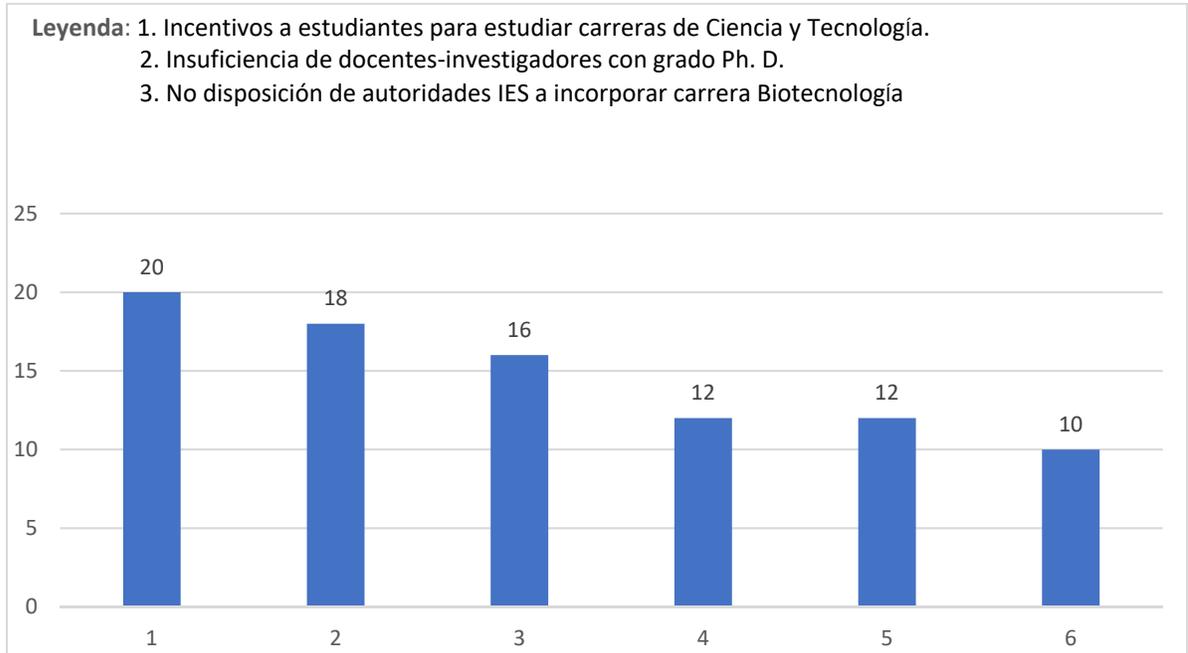
El análisis de las ofertas de grado de las IES encuestadas, a través de los sitios web, demostró que dichas ofertas se distribuyeron entre las diferentes ramas de la Biotecnología, sin que exista una predominancia de alguna de ellas, según lo siguiente:

- Biotecnología Vegetal y Agropecuaria: 5% (1/20) -UASD-
- Biotecnología Alimentaria: 15% (3/20) – UASD, ISA e Instituto Loyola-
- Biomedicina: 10% (2/20) -PUCMM y UNIBE-
- Biotecnología Industrial: 5% (1/20) -INTEC-
- Biotecnología Farmacéutica: 25% (5/20) -UTESA, UTECO, UCE, UCATECI, UASD-

El 25% (5/20) de las IES encuestadas incluyeron dentro de sus ofertas la carrera de Ingeniería Ambiental, pero el análisis de los planes y programas de estudio no reflejó, en la mayoría de los casos, un énfasis particular sobre los procesos biotecnológicos (aeróbicos o anaeróbicos) que se emplean en el tratamiento y análisis de residuales, por lo que no fueron considerados. Asimismo, otro 25% (5/20), diferente al grupo anterior, tienen ofertas de carreras de grado en Ciencia de Datos, pero el análisis de los planes y programas de estudio no reflejó que en algún momento estas ofertas se relacionen con el aprendizaje y desarrollo de la Bioinformática, una de las ramas de la Biotecnología de mayor desarrollo en las últimas dos décadas. El resumen gráfico de los resultados de la encuesta a IES dominicanas con relación a los factores que más afectan a los programas de grado en Biotecnología o áreas relacionadas en las IES dominicanas se muestra en la **Figura VIII.1**. El resultado de la encuesta demostró que no se puede adscribir el estado actual a un solo factor, sino a la sinergia de cuatro (4) factores:

1. La falta de incentivos a los estudiantes para el estudio de carreras de Ciencia y Tecnología, dentro de lo cual se incluye la Biotecnología.
2. La insuficiencia de Doctores en Ciencias (Ph. D.) con funciones docentes-investigativas en el área de la Biotecnología.
3. La falta de interés o previsión, tanto de las autoridades como del cuerpo docente. para incorporar carreras vinculadas a la Biotecnología dentro de la oferta académica de la IES.
4. La no disponibilidad de laboratorios docentes y de investigación para realizar prácticas docentes o investigaciones en Biotecnología, respectivamente.

El resumen de los resultados de la encuesta sobre la formación de grado en Biotecnología se muestra en el **Anexo 4**.



**Figura VIII.1.** Factores que más afectan a los Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas en las IES dominicanas. (Resultado de encuesta)

- **América Latina y el Caribe.**

La **Tabla 8.4** muestra las ofertas de grado en Biotecnología o áreas relacionadas con este campo de diez (10) IES de América Latina y el Caribe mejor ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades, según la distribución geográfica entre los países: Universidad Federal de Sao Paulo (posición 76), Universidad Nacional Autónoma de México (posición 451), Universidad de Puerto Rico (posición 634), Instituto Tecnológico de Monterrey (posición 650), Pontificia Universidad Católica de Chile (posición 737), Universidad Nacional de Colombia (posición > 1,000), Universidad de Buenos Aires (posición > 1,000), Universidad de las Indias Occidentales (posición >1,000), Universidad de Costa Rica (posición > 1,000) y Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE (posición > 1,000). Las tres IES con mayores ofertas de grado vinculadas, de forma directa, a la Biotecnología fueron la Universidad Federal de Sao Paulo (Brasil), la Universidad Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Tecnológico de Monterrey (ITM), mientras que otras 2 IES, de alto ranking, la Universidad de Puerto Rico y la Pontificia Universidad Católica de Chile, no tienen ofertas directas de programas de grado en Biotecnología. La oferta de grado con mayor diversidad fueron las carreras vinculadas con la Ciencia y Tecnología de Alimentos (Universidad de Buenos Aires, Universidad de Costa Rica y la Universidad de Indias Occidentales). La UNAM y el ITM

tienen ofertas relacionadas con la formación de recursos humanos en Bioinformática (Biotecnología y Estudios de la Información-UNAM e Ingeniería en Ciencia de Datos-ITM).

- **Estados Unidos**

La **Tabla 8.5** muestra las ofertas de grado en Biotecnología o áreas relacionadas con este campo de cinco (5) IES de Estados Unidos ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades: Instituto de Tecnología de California -Caltech (posición 1), Universidad de Harvard (posición 2), Instituto Tecnológico de Massachussets (posición 3), Universidad de Stanford (posición 4) y la Universidad de Chicago (posición 9). Se destacó el Entrenamiento Predoctoral de Liderazgo en Biotecnología de Caltech, destinado a graduados en áreas diversas relacionadas con la Biotecnología antes de comenzar sus estudios de postgrado. Otro aspecto interesante fue el Diseño Individual de Programas de Grado en las Ingenierías (lo cual incluye la Biotecnología) y el Diseño Individual de Programa de Grado para la formación de investigadores biomédicos de la Universidad de Stanford. La oferta académica más abarcadora de programas de grado se pudo observar en la Universidad de Harvard.

- **Europa**

La **Tabla 8.6** muestra las ofertas de grado en Biotecnología o áreas relacionadas con este campo de cinco (5) IES de Europa ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades: Instituto Federal de Tecnología (ETH), Zúrich, Suiza (posición 6), Colegio Imperial de Londres, Reino Unido (posición 8), Universidad “*Ludwig Maximilian*”, Múnich, Alemania (posición 43), Universidad de Utrecht, Países Bajos (posición 75) y la Universidad de Barcelona, España (posición 226). Aunque esta última no está ubicada entre las primeras 100 Universidades, es la de mayor ranking dentro de un país con el mismo idioma que República Dominicana, por lo que se hizo esta excepción. La Universidad de Utrecht ofrece un diseño de formación de grado en Ciencias Interdisciplinarias, de manera similar al enfoque de la Universidad de Stanford (EE.UU.). La oferta académica más abarcadora de programas de grado en Biotecnología y áreas relacionadas se pudo observar en el *Imperial College London*. Considerando tanto las IES de EE.UU. como las de Europa, solo dos IES ofertan la formación de grado en Bioinformática, una de las especialidades emergentes de la Biotecnología (*Ludwig Maximilians-Universität-München-Alemania-* y la Universidad de Barcelona-España).

**Tabla 8.4** Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de América Latina y el Caribe mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades\*.

<b>Institución de Educación Superior</b>	<b>Fuente</b>	<b>Programa de Grado en Biotecnología o Área de la Biotecnología</b>
Universidad Federal de Sao Paulo (UFSP)	<a href="https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/113-biomedicine">https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/113-biomedicine</a> <a href="https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/134-biotechnology">https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/134-biotechnology</a> <a href="https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/136-biomedical-engineering">https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/136-biomedical-engineering</a> <a href="https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/143-biological-sciences">https://www.unifesp.br/world/index.php/9-uncategorised/143-biological-sciences</a>	Biomedicina (Campus Sao Paulo)  Biotecnología (Campus San José Dos Campos)  Ingeniería Biomédica (Campus San José Dos Campos)  Ciencias Biológicas (Campus Diadema)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	<a href="http://oferta.unam.mx/bibliotecologia.html">http://oferta.unam.mx/bibliotecologia.html</a> <a href="http://oferta.unam.mx/ciencias-genomicas.html">http://oferta.unam.mx/ciencias-genomicas.html</a> <a href="http://oferta.unam.mx/ciencias-agrogenomicas.html">http://oferta.unam.mx/ciencias-agrogenomicas.html</a> <a href="http://oferta.unam.mx/ingenieria-en-sistemas-biomedicos.html">http://oferta.unam.mx/ingenieria-en-sistemas-biomedicos.html</a> <a href="http://oferta.unam.mx/investigacion-biomedica.html">http://oferta.unam.mx/investigacion-biomedica.html</a>	Biotecnología y Estudios de la Información  Ciencias Genómicas  Ciencias Agrogenómicas  Ingeniería en Sistemas Biomédicos  Investigación Biomédica Básica

(continúa)

**Tabla 8.4** (continuación)

Instituto Tecnológico de Monterrey (México)	<a href="https://tec.mx/es/oferta-educativa-profesional">https://tec.mx/es/oferta-educativa-profesional</a>	Ingeniería en Biotecnología Ingeniería en Biosistemas Agroalimentarios Ingeniería Biomédica Ingeniería en Ciencia de Datos Licenciatura en Biociencias
Universidad Nacional de Colombia (UNAL)	<a href="https://admisiones.unal.edu.co/pregrado/oferta-de-programas-curriculares">https://admisiones.unal.edu.co/pregrado/oferta-de-programas-curriculares</a>	Ingeniería Biológica
Universidad de Buenos Aires (UBA)	<a href="https://www.uba.ar/academicos/oferta.php">https://www.uba.ar/academicos/oferta.php</a>	Ciencia y Tecnología de los Alimentos
Universidad de Puerto Rico (UPR)	<a href="https://www.uprrp.edu/">https://www.uprrp.edu/</a>	No tiene ofertas en Biotecnología
University of West Indies (UWI)	<a href="https://apps.uwi.edu/programmes/">https://apps.uwi.edu/programmes/</a>	Tecnología de Alimentos y Productos Agrícolas (Campus Mona)
Universidad de Costa Rica (UCR)	<a href="https://vd.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/CATALOGOGENERAL-2015.pdf">https://vd.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/CATALOGOGENERAL-2015.pdf</a>	Genética y Biotecnología Ingeniería de Alimentos
Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE)	<a href="https://cujae.edu.cu/">https://cujae.edu.cu/</a>	Ingeniería Biomédica
Pontificia Universidad Católica de Chile (PUCCh)	<a href="https://admission.uc.cl/">https://admission.uc.cl/</a>	No tiene ofertas en Biotecnología

\* Ranking de Universidades según referencia (Clarivate, 2022).

**Tabla 8.5.** Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de Estados Unidos mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades\*.

Institución de Educación Superior	Fuente	Programa de Grado en Biotecnología o Área de la Biotecnología
California Institute of Technology (Caltech)	<a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/bioengineering/undergraduate-studies">https://www.bbe.caltech.edu/academics/bioengineering/undergraduate-studies</a> <a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/biology/undergraduate-studies">https://www.bbe.caltech.edu/academics/biology/undergraduate-studies</a> <a href="https://mede.caltech.edu/">https://mede.caltech.edu/</a> <a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/neurobiology">https://www.bbe.caltech.edu/academics/neurobiology</a> <a href="https://trainingbiotechleaders.caltech.edu/">https://trainingbiotechleaders.caltech.edu/</a>	Bioingeniería Biología Molecular/Biofísica Ingeniería Médica Neurobiología Entrenamiento Predoctoral de Liderazgo en Biotecnología
Harvard University	<a href="https://seas.harvard.edu/bioengineering/">https://seas.harvard.edu/bioengineering/</a> <a href="https://gsas.harvard.edu/programs-of-study/divisions/division-medical-sciences">https://gsas.harvard.edu/programs-of-study/divisions/division-medical-sciences</a> <a href="https://bcmp.hms.harvard.edu/">https://bcmp.hms.harvard.edu/</a> <a href="https://dbmi.hms.harvard.edu/">https://dbmi.hms.harvard.edu/</a> <a href="https://www.hsph.harvard.edu/biostatistics/">https://www.hsph.harvard.edu/biostatistics/</a> <a href="https://genetics.hms.harvard.edu/">https://genetics.hms.harvard.edu/</a>	Bioingeniería Ingeniería Biomédica Bioinformática y Genómica Integrativa Ciencias Biológicas y Biomédicas Neurociencias Química Biológica/Farmacología Molecular Informática Biomédica Bioestadística Ingeniería Genética

(continúa)

**Tabla 8.5.** (continuación)

<p>Massachusetts Institute of Technology (MIT)</p>	<p><a href="https://engineering.mit.edu/academics/undergraduate/">https://engineering.mit.edu/academics/undergraduate/</a>  <a href="https://biology.mit.edu/undergraduate/why-biology/">https://biology.mit.edu/undergraduate/why-biology/</a></p>	<p>Ingeniería Biológica Ciencia e Ingeniería Biomédica Ciencias de la Computación y Biología Molecular</p>
<p>Stanford University</p>	<p><a href="https://ughb.stanford.edu/plans-program-sheets">https://ughb.stanford.edu/plans-program-sheets</a>  <a href="https://med.stanford.edu/">https://med.stanford.edu/</a>  <a href="https://biodesign.stanford.edu/">https://biodesign.stanford.edu/</a></p>	<p>Bioingeniería Ingeniería Biomecánica Computación Biomédica Biología Computacional Diseño Individual de Programa de Ingeniería  Diseño Individual de Programa de Médico Científico  Biodiseño</p>
<p>University of Chicago</p>	<p><a href="http://collegecatalog.uchicago.edu/thecollege/">http://collegecatalog.uchicago.edu/thecollege/</a></p>	<p>Química Biológica Ciencias Biológicas (Genética) Ciencia de Datos Ingeniería Molecular Estadística (Bioestadística)</p>

\* Ranking de Universidades según referencia (Clarivate, 2022).

**Tabla 8.6.** Oferta académica de Programas de Grado en Biotecnología o áreas relacionadas con la Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de Europa mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades\*.

<b>Institución de Educación Superior</b>	<b>Fuente</b>	<b>Programa de Grado en Biotecnología o Área de la Biotecnología</b>
Imperial College London (Reino Unido)	<a href="https://www.imperial.ac.uk/study/courses/?courseType=undergraduate">https://www.imperial.ac.uk/study/courses/?courseType=undergraduate</a>	Biotecnología Gestión de la Biotecnología Tecnología Biomédica Gestión Empresarial de Biotecnología Médica Ingeniería Biomolecular Biomateriales & Ingeniería de Tejidos Ciencias Biológicas
Ludwig Maximilians-Universität-München (Alemania)	<a href="https://www.lmu.de/en/study/all-degrees-and-programs/index.html">https://www.lmu.de/en/study/all-degrees-and-programs/index.html</a>	Ciencia de Datos Gestión de la Tecnología (Biotecnología) Bioinformática
Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich (Suiza)	<a href="https://ethz.ch/en/studies/bachelor/bachelors-degree-programmes/system-oriented-natural-sciences">https://ethz.ch/en/studies/bachelor/bachelors-degree-programmes/system-oriented-natural-sciences</a>	Ciencia de Alimentos Ciencia de las Plantas Ciencia Animal Ciencia y Tecnología de la Salud Bioingeniería Química

(continúa)

**Tabla 8.6.** (continuación)

<p>Universidad de Utrecht (Países Bajos)</p>	<p><a href="https://www.uu.nl/en/bachelors/bachelorsprogrammes">https://www.uu.nl/en/bachelors/bachelorsprogrammes</a></p>	<p>Ciencias de la Vida (Molecular y Biofísica)            Ciencias Interdisciplinarias (Diseño personalizado)</p>
<p>Universidad de Barcelona (España)</p>	<p><a href="https://www.ub.edu/dyn/cms/continguts_es/estudis/oferta_formativa/graus/index.html">https://www.ub.edu/dyn/cms/continguts_es/estudis/oferta_formativa/graus/index.html</a></p>	<p>Biotecnología            Bioinformática            Ciencia y Tecnología de Alimentos            Ciencias Biomédicas            Estadística (Bioestadística)            Ingeniería Biomédica</p>

\* Ranking de Universidades según referencia (Clarivate, 2022).

## **VIII.2 Los Proyectos de Investigación-Desarrollo en Biotecnología en República Dominicana.**

La **Tabla 8.7** recoge un resumen de los resultados de la revisión de la Base de Datos de Proyectos FONDOCYT aprobados en el período 2005-2020 (FONDOCYT, s.f.), según los criterios del autor y de especialistas consultados. La relación completa de los Proyectos de Investigación en Biotecnología, así como su clasificación, se muestran en el **Anexo 6**. Dado que la investigación-desarrollo es el requisito imprescindible para que pueda existir un programa de formación de postgrado en Biotecnología, se tuvo en cuenta que este dato era importante a los fines de la presente tesis. Se seleccionaron 123 Proyectos de Investigación-Desarrollo que han sido ejecutados por las IES dominicanas en diferentes áreas de la Biotecnología. El desglose de estos 123 proyectos es el siguiente, de acuerdo a la clasificación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) con relación a la capacidad inventiva (OMPI, 2021):

1. Procesos de fermentación o enzimáticos para la síntesis de un compuesto químico, una mezcla de composición definida o la separación de isómeros ópticos de una mezcla racémica: 25 proyectos (20.3%)
2. Composición de medios de cultivo para la propagación, preservación o el mantenimiento de nuevos microorganismos, mutantes o ingeniería genética: 57 proyectos (46.3%), de los cuales la mayor proporción (42 proyectos) se relacionan con el área de la Biotecnología Vegetal.
3. Aparatos para la microbiología o la enzimología: 5 proyectos (4.1%)
4. Compuestos acíclicos o carbocíclicos: 1 proyecto (0.8%)
5. Preparaciones para usos médicos, dentales o cosméticos: 3 proyectos (2.4%)
6. Esquemas de clasificación asociados con subclases relacionadas con microorganismos: 9 proyectos (7.3%)
7. Tratamiento de aguas, aguas residuales y lodos: 2 proyectos (1,6%)
8. Péptidos: 1 proyecto (0.8%)
9. Azúcares y sus derivados, nucleósidos, nucleótidos y ácidos nucleicos: 2 proyectos (1,6%).

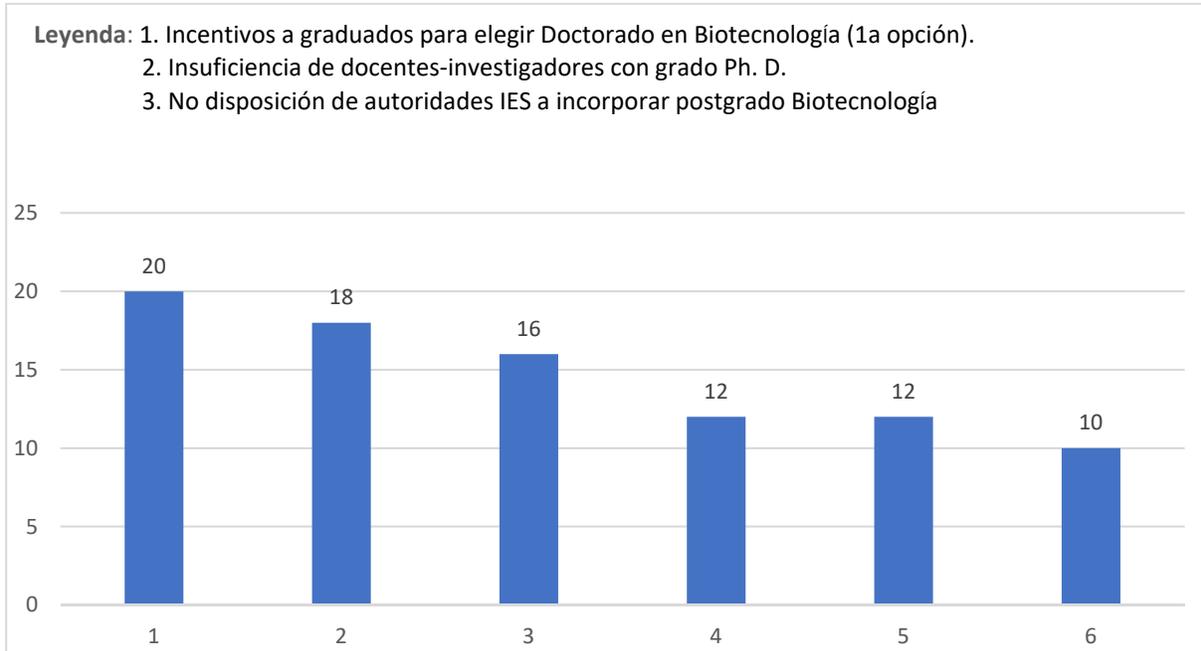
Se observó una marcada influencia al desarrollo de investigaciones en Biotecnología Vegetal, en lo cual han jugado un papel protagónico 2 Universidades (UASD y el ISA) y 2 centros de investigaciones científicas (IIBI y el IDIAF).

### **VIII.3 Los Programas de Postgrado en Biotecnología.**

- **República Dominicana.**

Las IES encuestadas y los expertos entrevistados, así como sus datos profesionales, fueron los mismos que aparecen en las **Tablas 8.1 y 8.2** del epígrafe VIII.1.1. Además, se revisaron los sitios web de otras 15 IES dominicanas, por lo que la fuente de información en este epígrafe abarcó 35 IES. La **Tabla 8.8** resume los datos de la oferta académica de postgrado de las IES dominicanas. El 27.5% (9/35) de las IES encuestadas tiene alguna oferta académica de postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas. La IES con mayor oferta académica de postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas fue la UASD (4 maestrías); sin embargo, no cuenta con ninguna oferta de Doctorado. En orden decreciente, se ubicaron el ISA y el INTEC, con dos (2) maestrías cada uno: Biotecnología y Tecnología de Alimentos (ISA), y Ciencias Ambientales y Ciencia de Datos (INTEC). Esta última IES (INTEC) es la única IES dominicana que oferta un programa de doctorado propio en una de las áreas relacionadas con la Biotecnología (Ciencias Ambientales). La Universidad ISA y el INTEC son asimismo las dos únicas IES dominicanas que ofertan alguna especialidad en áreas relacionadas con la Biotecnología: Manufactura de Equipos Médicos (INTEC) y Tecnología de Alimentos (ISA). Dos IES (PUCMM y el ISFODOSU) ofertan maestrías relacionadas directamente con la Biotecnología: Investigación Biomédica (PUCMM) y Biología, mención en Biotecnología (ISFODOSU). Las restantes IES ofertan maestrías que no están relacionadas directamente con la Biotecnología, pero el carácter electivo de sus planes de estudio permitiría enfocarlas hacia la Biotecnología en caso requerido. Estas maestrías son: Administración de Empresas (Barna School), Ingeniería Industrial (UNAPEC y UNIBE), Big Data (UAPA) y Ciencia para Docentes (UNPHU). El **Anexo 3** muestra la información ofrecida por el MESCyT acerca de los doctorados aprobados en la República Dominicana.

El resumen gráfico de los resultados de la encuesta a IES dominicanas con relación a los factores que más afectan a los programas de postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas en las IES dominicanas se muestra en la **Figura VIII.2**. El resumen de los resultados de la encuesta sobre la formación de postgrado en Biotecnología se muestra en el **Anexo 5**.



**Figura VIII. 2.** Factores que más afectan a los Programas de Postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas en las IES dominicanas. (Resultado de encuesta).

- **América Latina y el Caribe**

La **Tabla 8.9** muestra las ofertas de postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas con este campo de diez (10) IES de América Latina y el Caribe mejor ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades: Universidad Federal de Sao Paulo (posición 76), Universidad Nacional Autónoma de México (posición 451), Universidad de Puerto Rico (posición 634), Instituto Tecnológico de Monterrey (posición 650), Pontificia Universidad Católica de Chile (posición 737), Universidad Nacional de Colombia (posición >1,000), Universidad de Buenos Aires (posición >1,000), Universidad de las Indias Occidentales (posición >1,000), Universidad de Costa Rica (posición >1,000) y Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE (posición >1,000). La oferta académica de postgrado más abarcadora fue de la Universidad de Indias Occidentales (West Indies), única IES de la región que tiene incluida la formación en Ingeniería Biomédica, seguida de la oferta de la Pontificia Universidad Católica de Chile. La formación de postgrado en Bioestadística solo se pudo apreciar en la Universidad Nacional de Colombia.

- **Estados Unidos**

La **Tabla 8.10** muestra las ofertas de postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas con este campo de cinco (5) IES de Estados Unidos ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades:

Instituto de Tecnología de California (posición 1), Universidad de Harvard (posición 2), Instituto Tecnológico de Massachussets (posición 3), Universidad de Stanford (posición 4) y la Universidad de Chicago (posición 9). Se destacó la preferencia de oferta en el área de doctorados por encima de la oferta de maestrías; incluso Caltech no oferta cursos de maestría, salvo casos excepcionales que no hayan podido terminar el doctorado por una causa muy justificada.

- **Europa**

La **Tabla 8.11** muestra las ofertas de postgrado en Biotecnología o áreas relacionadas con este campo de cinco (5) IES de Europa ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades: Instituto Federal de Tecnología (ETH), Zúrich, Suiza (posición 6), Colegio Imperial de Londres, Reino Unido (posición 8), Universidad “*Ludwig Maximilian*”, Múnich, Alemania (posición 43), Universidad de Utrecht, Países Bajos (posición 75) y la Universidad de Barcelona, España (posición 226). Aunque esta última no está ubicada entre las primeras 100 Universidades, es la de mayor ranking dentro de un país con el mismo idioma que República Dominicana, por lo que se hizo esta excepción. Resultó interesante que el *Imperial College London* y la Universidad de Utrecht no ofertan programas de doctorado curriculares, sino solo aquellos basados en la ejecución de un proyecto de investigación; los créditos de cursos curriculares se hacen por diseño personalizado, según la demanda de la investigación. Sin embargo, a diferencia de EE.UU., hay una oferta amplia de maestrías. Por ejemplo, la oferta de maestrías de la Universidad de Barcelona duplica la oferta de programas de doctorados en Biotecnología y áreas relacionadas.

#### **VIII.4 Competencias y Habilidades de los Programas de Postgrado en Biotecnología.**

Se confeccionaron los estadígrafos que se muestran en las Tablas **8.13** a **8.15**, según las respuestas al cuestionario de entrevista (**Anexo 2**) de 30 expertos de catorce (14) IES y gerentes de empresas biotecnológicas dominicanas. Se determinó el orden de prioridad de las competencias y habilidades según el factor de respuesta de los entrevistados. Dicho factor tuvo en cuenta tanto el orden de prioridad asignado por cada entrevistado a cada competencia o habilidad, así como la frecuencia de los órdenes de prioridad, según se muestra a continuación. La **Tabla 8.12** muestra la composición de la muestra que ofreció las respuestas para los órdenes de prioridad de competencias y habilidades.

**Tabla 8.7** Los proyectos de investigación en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas. Elaboración propia a partir de la Base de Datos FONDOCYT (s.f.). La relación de Proyectos se muestra en el **Anexo 6**.

Institución de Educación Superior	Área de la Biotecnología									Total
	Vegetal	Biomedic.	Aliment.	Animal	Agrof	Industrial	Bioenergía	Ambiental	Forense	
UASD	8	6	5	3	-	2	1	-	-	<b>25</b>
IIBI	21	5	6	1	-	-	2	-	-	<b>35</b>
ISA	11	-	-	2	4	1	-	-	-	<b>18</b>
INTEC	2	1	-	1	2	-	--	-	-	<b>6</b>
UTESA	-	6	-	-	-	-	-	-	-	<b>6</b>
UNEV	-	2	1	1	-	1	-	1	-	<b>6</b>
IDIAF	5	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>
UNIBE	-	2	-	-	-	1	-	-	-	<b>3</b>
LOYOLA	1	-	-	-	-	-	1	1	-	<b>3</b>
UAFAM	1	-	-	-	1	-	-	-	-	<b>2</b>
CINBIOCLI	-	2	-	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>
UCE	-	1	-	1	-	-	-	-	-	<b>2</b>
CEDAF	-	-	-	2	-	-	-	-	-	<b>2</b>
UNPHU	-	-	-	-	1	-	-	-	-	<b>1</b>
UFHEC	-	1	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
O&M	-	1	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
IOES	-	1	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
CEMADOJA	-	1	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
JBN	-	-	-	-	1	-	-	-	-	<b>1</b>
ALIMENTEC	-	-	-	-	-	1	-	-	-	<b>1</b>
Museo del Hombre	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<b>1</b>
<b>TOTALES</b>	<b>49</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>123</b>

Nota: La ubicación de los proyectos en las ramas de la Biotecnología se realizó de acuerdo con las definiciones de la literatura [Orozco, 2019].

**Tabla 8.8.** Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Instituciones de Educación Superior dominicanas.

Institución de Educación Superior	Fuente	Maestría en o relacionada a la Biotecnología	Doctorado en o relacionado a la Biotecnología
UASD	<a href="https://www.uasd.edu.do/index.php/postgrado-y-educ-continuada7/maestrias">https://www.uasd.edu.do/index.php/postgrado-y-educ-continuada7/maestrias</a>	Extensión Agropecuaria y Forestal Tecnología de Alimentos Ingeniería Sanitaria y Ambiental Estadística Especializada	
INTEC	<a href="https://www.intec.edu.do/oferta-academica/postgrado/">https://www.intec.edu.do/oferta-academica/postgrado/</a>	Ciencias Ambientales Ciencia de Datos	Ciencias Ambientales
PUCMM	<a href="https://www.pucmm.edu.do/postgrado/Paginas/Programas.aspx">https://www.pucmm.edu.do/postgrado/Paginas/Programas.aspx</a>	Investigación Biomédica	
ISA	<a href="http://isa.edu.do/es/programas-de-estudio/maestrias-y-especialidades">http://isa.edu.do/es/programas-de-estudio/maestrias-y-especialidades</a>	Biotecnología Tecnología de Alimentos	
ISFODOSU	<a href="https://www.isfodosu.edu.do/phocadownload/Postgrado/Maestrias/">https://www.isfodosu.edu.do/phocadownload/Postgrado/Maestrias/</a>	Biología. Mención Biotecnología y Biología Molecular	
UNPHU	<a href="https://admisiones.unphu.edu.do/index.php/oferta-de-postgrado/">https://admisiones.unphu.edu.do/index.php/oferta-de-postgrado/</a>	Ciencia para Docentes	
UAPA	<a href="https://www.uapa.edu.do/ofertas-postgrado/">https://www.uapa.edu.do/ofertas-postgrado/</a>	Big Data	
UNAPEC	<a href="https://admisiones.unapec.edu.do/ofertasposgrado">https://admisiones.unapec.edu.do/ofertasposgrado</a>	Ingeniería Industrial	
BARNA	<a href="https://barna.edu.do/maestria-en-administracion-de-empresas/">https://barna.edu.do/maestria-en-administracion-de-empresas/</a>	Administración de Empresas	

Nota: Otros sitios web consultados que no ofrecieron resultados (26 Instituciones de Educación Superior)

INAFOCAM	<a href="https://www.inafocam.edu.do/index.php/servicios/postgrado">https://www.inafocam.edu.do/index.php/servicios/postgrado</a>	UCATECI	<a href="https://www.ucateci.edu.do/oferta-de-posgrado">https://www.ucateci.edu.do/oferta-de-posgrado</a>
UFHEC	<a href="https://ufhec.edu.do/postgrados/">https://ufhec.edu.do/postgrados/</a>	LOYOLA	<a href="https://continuada.ipl.edu.do/">https://continuada.ipl.edu.do/</a>
UNIREMOS	<a href="https://uniremos.edu.do/oferta-academica/postgrados/">https://uniremos.edu.do/oferta-academica/postgrados/</a>	UNICARIBE	<a href="https://unicaribe.edu.do/maestrias">https://unicaribe.edu.do/maestrias</a>
ITLA	<a href="https://itla.edu.do/educacion-permanente/">https://itla.edu.do/educacion-permanente/</a>	UNAD	<a href="https://www.unad.edu.do/">https://www.unad.edu.do/</a>
UAFAM	<a href="https://uafam.edu.do/postgrado">https://uafam.edu.do/postgrado</a>	UNEV	<a href="https://www.unev.edu.do/postgrado">https://www.unev.edu.do/postgrado</a>
UTEEO	<a href="https://uteeo.edu.do/post-grado/">https://uteeo.edu.do/post-grado/</a>	INCE	<a href="https://ince.edu.do/oferta-academica/">https://ince.edu.do/oferta-academica/</a>
UNICDA	<a href="https://www.unicda.edu.do/index.php/oferta-academica-postgrado/">https://www.unicda.edu.do/index.php/oferta-academica-postgrado/</a>	UTESUR	<a href="http://www.utesur.edu.do/POSTGRADO">http://www.utesur.edu.do/POSTGRADO</a>
CENTU	<a href="https://centu.edu.do/">https://centu.edu.do/</a>	UNEFA	<a href="https://unefa.edu.do/facultades/">https://unefa.edu.do/facultades/</a>
UNICA	<a href="https://unica.edu.do/">https://unica.edu.do/</a>	UNNATEC	<a href="https://unnatec.edu.do/">https://unnatec.edu.do/</a>
UOD	<a href="https://uod.edu.do/uodonline/inicio">https://uod.edu.do/uodonline/inicio</a>	UPID	<a href="http://upid.edu.do/">http://upid.edu.do/</a>
UCE	<a href="https://www.uce.edu.do/sitios/oferta-academica/oferta-postgrado.html">https://www.uce.edu.do/sitios/oferta-academica/oferta-postgrado.html</a>	UNIBE	<a href="https://www.unibe.edu.do/oferta-academica/postgrados/">https://www.unibe.edu.do/oferta-academica/postgrados/</a>
UTESA	<a href="https://www.utesa.edu/santiago%20o%20santo%20domingo-escuela-graduados/">https://www.utesa.edu/santiago o santo domingo-escuela-graduados/</a>	O&M	<a href="https://www.udoym.edu.do/">https://www.udoym.edu.do/</a>
UCSD	<a href="https://portal.ucsd.edu.do/especialidades%20o%20maestrias/">https://portal.ucsd.edu.do/especialidades o maestrias/</a>	UCNE	<a href="https://www.ucne.edu/p/images/pensums/">https://www.ucne.edu/p/images/pensums/</a>

**Tabla 8.9.** Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Instituciones de Educación Superior de América Latina y el Caribe mejor ubicadas en Ranking Mundial de Universidades\*.

<b>Institución de Educación Superior</b>	<b>Fuente</b>	<b>Maestría en o relacionada a la Biotecnología</b>	<b>Doctorado en o relacionado a la Biotecnología</b>
Universidad Federal de Sao Paulo (UFSP)	<a href="https://www.unifesp.br/reitoria/propgpq/pos-graduacao/stricto-sensu/cursos/mestrado-e-doutorado">https://www.unifesp.br/reitoria/propgpq/pos-graduacao/stricto-sensu/cursos/mestrado-e-doutorado</a>	Biotecnología Bioproductos y Bioprocesos Ingeniería Biomédica Biología Molecular	Biotecnología Bioproductos y Bioprocesos Biología Molecular
Pontificia Universidad Católica de Chile (PUCCh)	<a href="https://admission.uc.cl/tipo_postgrado/magister/">https://admission.uc.cl/tipo_postgrado/magister/</a> <a href="https://doctorados.uc.cl/programas/">https://doctorados.uc.cl/programas/</a>	Fisiología y Producción Vegetal Ingeniería Biológica y Médica Ciencia de Datos Ciencias de la Ingeniería (Bioprocesos)	Ciencias de la Agricultura Biotecnología Vegetal Biología Celular y Molecular Genética Molecular y Microbiología Ingeniería Biológica y Médica
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	<a href="https://www.posgrado.unam.mx/">https://www.posgrado.unam.mx/</a>	Bioingeniería Ciencias Biomédicas Ciencias Bioquímicas	Bioingeniería Ciencias Biomédicas Ciencias Bioquímicas
Instituto Tecnológico de Monterrey (ITM)	<a href="https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-biotecnologia">https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-biotecnologia</a> <a href="https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-ciencias-biomedicas">https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-ciencias-biomedicas</a> <a href="https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-ciencias-computacionales">https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-ciencias-computacionales</a>	Biotecnología Ciencias Biomédicas Ciencias Computacionales	Biotecnología Ciencias Biomédicas Ciencias Computacionales
Universidad Nacional de Colombia (UNAL)	<a href="http://www.posgrados.unal.edu.co/web/catalogo/">http://www.posgrados.unal.edu.co/web/catalogo/</a>	Biotecnología Ciencias Bioquímicas (Biotecnología)	Biotecnología Bioestadística

(continúa)

**Tabla 8.9** (continuación)

<b>Institución de Educación Superior</b>	<b>Fuente</b>	<b>Maestría en o relacionada a la Biotecnología</b>	<b>Doctorado en o relacionado a la Biotecnología</b>
Universidad de Buenos Aires (UBA)	<a href="https://www.uba.ar/posgrados/archivos/guiaposgrados.pdf">https://www.uba.ar/posgrados/archivos/guiaposgrados.pdf</a>	Biotecnología Biología Molecular Medica Ciencias Biomédicas Explotación de Datos y Descubrimiento del Conocimiento	Ciencias Agropecuarias Ciencias Biológicas Ciencias de la Ingeniería
Universidad de Puerto Rico (UPR, Recinto Mayagüez)	<a href="https://www.uprm.edu/oeg/estudiantes-futuros/oferta-academica/">https://www.uprm.edu/oeg/estudiantes-futuros/oferta-academica/</a>	Bioingeniería Ciencia y Tecnología de Alimentos	Bioingeniería
University of West Indies	<a href="https://apps.uwi.edu/programmes/">https://apps.uwi.edu/programmes/</a>	Biotecnología Investigación Biomédica Bioseguridad Bioestadística Ciencia de Datos Ciencia y Tecnología de Alimentos Biología Molecular Genética Molecular Biotecnología de las Plantas	Biotecnología Ingeniería Biomédica Ciencia y Tecnología de Alimentos Biología Molecular Genética Molecular
Universidad de Costa Rica (UCR)	<a href="https://sep.biologia.ucr.ac.cr/">https://sep.biologia.ucr.ac.cr/</a>	Bioinformática y Biología de Sistemas Genética y Biología Molecular Bioética	Ciencias Biomédicas
Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE, Cuba)	<a href="https://cujae.edu.cu/">https://cujae.edu.cu/</a>	Ingeniería de Procesos Biotecnológicos Análisis y Control de Procesos	Ciencias de la Ingeniería de Procesos Químicos, Biotecnológicos y Alimentarios

\* Ranking de Universidades según referencia (Clarivate, 2022).

**Tabla 8.10.** Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Instituciones de Educación Superior de Estados Unidos

Institución de Educación Superior	Fuente	Maestría en o relacionada a la Biotecnología	Doctorado en o relacionado a la Biotecnología
California Institute of Technology (Caltech)	<a href="https://www.cce.caltech.edu/graduate/graduate-biochemistry-and-molecular-biophysics">https://www.cce.caltech.edu/graduate/graduate-biochemistry-and-molecular-biophysics</a> <a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/bioengineering">https://www.bbe.caltech.edu/academics/bioengineering</a> <a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/cns/research">https://www.bbe.caltech.edu/academics/cns/research</a> <a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/md-phd-program-">https://www.bbe.caltech.edu/academics/md-phd-program-</a> <a href="https://www.bbe.caltech.edu/academics/Biomedical-Engineering-Programs">https://www.bbe.caltech.edu/academics/Biomedical-Engineering-Programs</a>	No admiten estudiantes (salvo en casos excepcionales)	Bioquímica y Biofísica Molecular Bioingeniería Computación Biomolecular Investigación Biomédica Ingeniería Biomédica
Harvard University	<a href="https://seas.harvard.edu/bioengineering/graduate-program">https://seas.harvard.edu/bioengineering/graduate-program</a> <a href="https://seas.harvard.edu/applied-computation/graduate-programs">https://seas.harvard.edu/applied-computation/graduate-programs</a> <a href="https://seas.harvard.edu/quantum-science-engineering">https://seas.harvard.edu/quantum-science-engineering</a> <a href="https://seas.harvard.edu/m(continua)smba">https://seas.harvard.edu/m(continua)smba</a>	Ciencias de la Computación Aplicada a las Ingenierías Ciencia de Datos Ciencias de la Ingeniería	Bioingeniería Ciencias de la Computación Aplicada a las Ingenierías Ciencia de Datos Ciencia e Ingeniería Cuántica
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	<a href="http://catalog.mit.edu/degree-charts/phd-biological-engineering/">http://catalog.mit.edu/degree-charts/phd-biological-engineering/</a> <a href="http://catalog.mit.edu/degree-charts/master-computer-science-molecular-biology">http://catalog.mit.edu/degree-charts/master-computer-science-molecular-biology</a> <a href="http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/computational-systems-biology/">http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/computational-systems-biology/</a> <a href="http://catalog.mit.edu/degree-charts/interdisciplinary-doctoral-statistics/">http://catalog.mit.edu/degree-charts/interdisciplinary-doctoral-statistics/</a> <a href="http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/harvard-mit-health-sciences-technology/">http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/harvard-mit-health-sciences-technology/</a>	Ciencias de la Computación y Biología Molecular	Ingeniería Biológica Biología de Sistemas Computacionales Estadística (Bioestadística)

(continúa)

**Tabla 8.10** (continuación)

Massachusetts Institute of Technology (MIT)	<a href="http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/microbiology/">http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/microbiology/</a> <a href="http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/social-engineering-systems/">http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/social-engineering-systems/</a> <a href="http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/phd-statistics/">http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/phd-statistics/</a> <a href="http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/technology-policy/">http://catalog.mit.edu/interdisciplinary/graduate-programs/technology-policy/</a>	Tecnología y Políticas	Ciencia y Tecnología de la Salud Ciencia e Ingeniería Microbiológica Sistemas Sociales de Ingenierías Estadística (Bioestadística)
Stanford University	<a href="https://gradadmissions.stanford.edu/explore-programs">https://gradadmissions.stanford.edu/explore-programs</a>	Bioingeniería Ingeniería Matemática y Computacional Estadística (Bioestadística) Investigación Translacional y Medicina Aplicada	Bioingeniería Ingeniería Matemática y Computacional Estadística (Bioestadística) Biología de Células Madres y Medicina Regenerativa Biología Estructural Informática Biomédica Biología Química de Sistemas
University of Chicago	<a href="https://www.uchicago.edu/education-and-research/graduate-programs">https://www.uchicago.edu/education-and-research/graduate-programs</a>	Ciencias Biomédicas Informática Biomédica Estadística (Bioestadística) Ingeniería Molecular	Bioquímica y Biofísica Molecular Biología Molecular y Celular Biología de Células Madres Genética, Genómica y Biología de Sistemas Biología Integrativa Física Médica Salud de Precisión Estadística (Bioestadística) Gerencia de Ciencia y Operaciones Ingeniería Molecular

\* Ranking de Universidades según referencia (Clarivate, 2022).

**Tabla 8.11.** Ofertas de postgrado en Biotecnología y áreas relacionadas de Instituciones de Educación Superior de Europa ubicadas entre las 100 primeras Universidades del Ranking Mundial de Universidades.

Institución de Educación Superior	Fuente	Maestría en o relacionada a la Biotecnología	Doctorado en o relacionado a la Biotecnología
Imperial College London (Reino Unido)	<a href="https://www.imperial.ac.uk/study/pg/">https://www.imperial.ac.uk/study/pg/</a>	<p>Ingeniería Biomédica</p> <p>Ingeniería Química Avanzada en Biotecnología</p> <p>Ingeniería Molecular</p> <p>Biociencias Aplicadas y Biotecnología</p> <p>Diseño de Dispositivos Médicos y Emprendimiento</p> <p>Bioinformática y Teoría de Sistemas Biológicos</p> <p>Biosistemática</p> <p>Biociencias Moleculares y Celulares</p> <p>Bioestadística</p> <p>Genómica Aplicada</p> <p>Investigación Biomédica</p> <p>Tecnología del Cáncer</p> <p>Investigación Clínica</p> <p>Robótica Humana y Biológica</p> <p>Medicina Molecular</p> <p>Sistemas y Biología Sintética</p>	<p>Proyecto de investigación a tiempo completo en los grupos principales de investigación: Biomecánica y Mecano biología, Medicina Regenerativa, Bioingeniería Molecular, Celular y Neural, Robótica Humana y Biológica y Desarrollo de Sistema de Diagnóstico y Dispositivos Médicos</p>

(continúa)

**Tabla 8.11.** (continuación)

Institución de Educación Superior	Fuente	Maestría en o relacionada a la Biotecnología	Doctorado en o relacionado a la Biotecnología
Imperial College London (Reino Unido)	<a href="https://www.imperial.ac.uk/study/pg/">https://www.imperial.ac.uk/study/pg/</a>	Química Biológica y Bioemprendimiento Ciencia de Datos Genética Humana Molecular Ciencias Moleculares de Plantas y Microbios Comunicación en Ciencias	
Ludwig Maximilians-Universität-München (Alemania)	<a href="https://www.lmu.de/en/about-lmu/working-at-lmu/academic-careers/index.html#st_tab_area__master">https://www.lmu.de/en/about-lmu/working-at-lmu/academic-careers/index.html#st_tab_area__master</a>	Biología Molecular y Celular Bioquímica Ciencia de las Plantas Biología Humana. Principios de la Salud y las Enfermedades Neurociencias Estadística y Ciencia de Datos: Bioestadística. Gerencia: Triple titulación. (Biotecnología)	Biología y Química de Modificaciones Epigenéticas Biociencias Cuantitativas Emergencias de Vida: Explorando Mecanismos con Experimentos Multidisciplinarios Ciencias de la Vida: De las Moléculas a los Sistemas Neurociencias Sistemáticas Medicina Molecular y Genómica Farmacia Clínica Nanoagentes para el Control Espacio-temporal de Reacciones Moleculares y Celulares Programas Doctorales Individuales

(continúa)

**Tabla 8.11.** (continuación)

Institución de Educación Superior	Fuente	Maestría en o relacionada a la Biotecnología	Doctorado en o relacionado a la Biotecnología
<p>Universidad de Barcelona (España)</p>	<p><a href="http://www.ub.edu/web/ub/es/estudis/oferta_formativa/master_universitari">www.ub.edu/web/ub/es/estudis/oferta_formativa/master_universitari</a></p> <p><a href="https://www.ub.edu/escoladoctorat/els/listado-de-doctorados">https://www.ub.edu/escoladoctorat/els/listado-de-doctorados</a></p>	<p>Bioinformática (Ciencias de la Salud)</p> <p>Bioinformática y Bioestadística</p> <p>Biología, Genómica y Biotecnología Vegetales</p> <p>Biotecnología Molecular</p> <p>Biomedicina</p> <p>Ciencia de Datos Biomédicos</p> <p>Ciencia y Tecnología Cuánticas</p> <p>Creación y Gestión de Empresas Innovadoras de Base Tecnológica</p> <p>Bioingeniería para Medicina de Precisión</p> <p>Genética y Genómica</p> <p>Ingeniería Biomédica</p>	<p>Bioinformática</p> <p>Biotecnología</p> <p>Genética</p> <p>Biomedicina</p> <p>Ingeniería y Ciencias Aplicadas</p>

(continúa)

**Tabla 8.11** (continuación)

Institución de Educación Superior	Fuente	Maestría en o relacionada a la Biotecnología	Doctorado en o relacionado a la Biotecnología
Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich (Suiza)	<a href="https://ethz.ch/en/studies/master.html">https://ethz.ch/en/studies/master.html</a>  <a href="https://www.lifescience-graduateschool.uzh.ch/en/about-LSZGS/phd-programs.html">https://www.lifescience-graduateschool.uzh.ch/en/about-LSZGS/phd-programs.html</a>	Ciencias Moleculares de la Salud Neurociencias Neurociencias Interdisciplinarias Ciencias Ambientales Ciencias Agrícolas Ciencias de la Alimentación	Biología de Sistemas Biología del RNA Ciencia de las Plantas Neurociencias Ciencias Moleculares de la Vida Descubrimiento de medicamentos Estructura y Mecanismos Biomoleculares Biomedicina Ética Biomédica
Universidad de Utrecht (Países Bajos)	<a href="https://www.uu.nl/en/masters/masters-programmes">https://www.uu.nl/en/masters/masters-programmes</a>	Innovación desde la Bioinspiración Bioproducción (Impresión 3D) Bioinformática y Biocomplejidad Células Madres, Cáncer y Biología Ciencia de Datos Innovación en Medicamentos Ciencias de la Innovación Ciencias Moleculares y Celulares de la Vida Bioestadística Tecnología de la Medicina Regenerativa	Proyecto de investigación a tiempo completo en los grupos principales de investigación. El trabajo de Doctorado es un trabajo de investigación con muy pocos cursos, según el plan que haga el tutor de Tesis.

\* Ranking de Universidades según referencia (Clarivate, 2022).

**Tabla 8.12.** Composición de la muestra para el desarrollo de entrevistas (n = 30)

<b>IES o Empresa Biotecnológica</b>	<b>n</b>	<b>IES o Empresa Biotecnológica</b>	<b>n</b>
Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	2	Universidad Católica del Cibao (UCATECI)	1
Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	3	Universidad Iberoamericana (UNIBE)	2
Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola	2	Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM)	2
Universidad Instituto Superior Agropecuario (ISA)	2	Instituto Dominicano de Investigaciones Agrícolas y Forestales (IDIAF)	2
Universidad Central del Este (UCE)	2	Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)	2
Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA)	2	Caribbean Biotech Laboratories (CBL)	3
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTEKO)	2	Nikay Bioprocesses	3

### • Competencias

La **Tabla 8.13** muestra, en orden descendente, las prioridades otorgadas por los entrevistados a las competencias que se deben alcanzar en la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana. A los fines de comparación con sistemas de educación de postgrado desarrollados en EE.UU. y R.U., con larga tradición en Biotecnología, se han puesto los órdenes de prioridad respectivos, según datos publicados (Lavrynenko *et al*, 2018). El factor que se refleja en la tabla refleja el grado de unanimidad de los entrevistados, de forma decreciente.

En la única competencia donde hubo unanimidad entre los entrevistados fue en el desarrollo de habilidades y conocimientos de las técnicas de extracción de ADN y ARN, competencia que no se consideró prioridad en los EE.UU., mientras que en R.U. se ubicó en la prioridad número 10. Hubo cuatro competencias con factor de 0.9, pero al aplicar la frecuencia de las prioridades, las siguientes competencias, en orden de importancia, fueron: la adquisición de habilidades y conocimientos en Microbiología y, a continuación, el desarrollo de productos, las técnicas de purificación y el sistema de procesos y técnicas de control de calidad. Aunque en estas últimas tres competencias no hubo diferencias importantes con relación a las prioridades que le otorgaron en EE.UU. y R.U., fue significativo que en estos países no se incluyó la Microbiología como una competencia a desarrollar en la formación de postgrado en Biotecnología. Hubo dos competencias con factor de 0.8: la adquisición de conocimientos y habilidades en ingeniería genética y el análisis

y secuenciación de genes. Mientras que la prioridad de esta última competencia fue similar a la que se otorga en EE.UU. y R.U, resultó llamativo que la competencia relacionada con ingeniería genética no sea una prioridad en esos países. Las competencias de adquisición de conocimientos y habilidades en Enzimología y el diseño y ejecución de ensayos *in vitro* tuvieron un factor de 0.7. Se destacó la no inclusión de la competencia en Enzimología en los sistemas de postgrado de EE.UU. y R.U. El diseño de ensayos de investigación obtuvo un factor de 0.6 y su prioridad fue similar en la comparación con EE.UU. y R.U. Tres competencias alcanzaron un factor de 0.5, en orden de prioridad: el sistema de conocimientos y dominio de las técnicas de Bioestadística, los ensayos *in vivo*, y el dominio de técnicas y habilidades para el descubrimiento de anticuerpos. Resultó significativa la baja prioridad otorgada en República Dominicana a la Bioestadística (prioridad 11) en comparación con los sistemas de postgrado en Biotecnología de EE.UU. (prioridad 3) y R.U. (prioridad 2). Una situación similar se presentó con la competencia relacionada con el desarrollo de conocimientos y habilidades en temas de Aseguramiento de la Calidad (factor=0.4), pues mientras en República Dominicana se ubicó en la prioridad 14, en EE.UU. y R.U fueron las prioridades 7 y 4, respectivamente. Finalmente, la competencia número 15 (factor = 0.2) fue la de adquisición de conocimientos y habilidades para el descubrimiento de nuevos receptores, con una prioridad similar en la comparación por países. Un aspecto muy significativo es que la competencia relacionada con la adquisición de conocimientos y habilidades en el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) no fue incluida como prioridad por parte de los expertos dominicanos, mientras que en los sistemas de postgrado en EE.UU. y R.U. se ubicó en las prioridades 10 y 12, respectivamente.

- **Habilidades Prácticas**

La **Tabla 8.14** muestra, en orden descendente, las prioridades otorgadas por los entrevistados a las habilidades prácticas que se deben alcanzar en la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana. A los fines de comparación con sistemas de educación de postgrado desarrollados en EE.UU. y R.U., con larga tradición en Biotecnología, se han puesto los órdenes de prioridad respectivos, según datos publicados (Lavrynenko *et al*, 2018). El factor que se refleja en la tabla reflejó el grado de unanimidad de los entrevistados, de forma decreciente. En la única habilidad práctica donde hubo unanimidad entre los entrevistados (factor = 1.0) fue en el dominio de la técnica de medición de la Reacción en Cadena de la Polimerasa, conocida por su acrónimo PCR, de manera similar a las prioridades que se otorgaron en los sistemas de postgrado

de EE.UU. y R.U. Hubo tres habilidades prácticas con factor = 0.9, pero al aplicar la frecuencia de las prioridades, las siguientes habilidades prácticas, en orden de importancia, fueron: el dominio de las tecnologías de cultivo y, en orden de importancia, se ubicaron a continuación, el dominio de los ensayos de toxicidad y la técnica de Microscopía Electrónica. Al realizar la comparación, la tecnología de cultivo en EE.UU. se ubicó en la prioridad 6, mientras que en R.U. no se consideró una habilidad práctica necesaria. Hubo tres habilidades prácticas con factor = 0.8; en orden decreciente: las técnicas de inmunoanálisis por el ensayo ELISA, la detección selectiva por Espectrometría de Masas (EM) y las técnicas de liofilización. Mientras que la prioridad otorgada a la técnica ELISA es similar a la de los sistemas de postgrado de EE.UU. y R.U., resultó significativo que las técnicas de liofilización no se considerasen como habilidades prácticas a alcanzar en los sistemas de postgrado de esos países. Con relación a las técnicas de EM, esta se incluyó en el sistema de R.U., pero no así en el sistema de EE.UU. A continuación, se ubicaron dos habilidades prácticas con factor = 0.7, las técnicas de formulación farmacéutica y las técnicas de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC en idioma inglés), con una prioridad similar a la de los sistemas de postgrado de EE.UU. y R.U. Las habilidades prácticas sobre el dominio de las técnicas de análisis de residuales y las técnicas espectrofotométricas alcanzaron valores de 0.6 y 0.5, respectivamente, mientras que dichas habilidades no se incluyeron dentro de las prioridades de los sistemas de EE.UU. y R.U. Las habilidades en la técnica de citometría de flujo y las técnicas de purificación se ubicaron en la prioridad 12 (factor = 0.4) y 13 (factor = 0.2), respectivamente. Resultó significativa la baja prioridad otorgada en República Dominicana a dichas habilidades prácticas en comparación con los sistemas de postgrado de EE.UU. y R.U., donde incluso ambos sistemas le otorgaron la mayor prioridad, en el sistema de habilidades prácticas a alcanzar, a las técnicas de purificación.

- **Otras Habilidades y Habilidades Digitales**

La **Tabla 8.15** muestra, en orden descendente, las prioridades otorgadas por los entrevistados a otras habilidades, entre ellas las habilidades digitales, que se deben alcanzar en la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana. A los fines de comparación con sistemas de educación de postgrado desarrollados en EE.UU. y R.U., con larga tradición en Biotecnología, se han puesto los órdenes de prioridad respectivos, según datos publicados (Lavrynenko *et al*, 2018). El factor que aparece en la tabla reflejó el grado de unanimidad de los entrevistados, de forma decreciente. Hubo un mayor grado de unanimidad en la inclusión de otras

habilidades a alcanzar, en comparación con los resultados de las competencias y las habilidades prácticas, al haber cuatro habilidades que alcanzaron valor del factor = 1.0. En orden decreciente: el dominio de los aspectos regulatorios y la Bioética, las habilidades de trabajar en equipo, el dominio de las técnicas de Gerencia de Laboratorio (LIMS en idioma inglés) y las habilidades de comunicación. Mientras que las tres últimas tuvieron una prioridad similar a la de los sistemas de postgrado de EE.UU. y R.U., fue significativo que la habilidad de aspectos regulatorios se ubicase en la prioridad 1 en República Dominicana, mientras que en EE.UU. y R.U. se ubicó en las prioridades 9 y 8, respectivamente. Hubo dos habilidades con factor = 0.9: los conocimientos de Bioseguridad y el dominio de las técnicas de análisis de información, ubicadas en las prioridades 5 y 6, respectivamente. Resultó significativo que esta última habilidad fuese ubicada en la prioridad 1 de ambos sistemas de postgrado (EE.UU. y R.U.). Con relación a las habilidades digitales, la mayor prioridad (numero 7) se otorgó al dominio del lenguaje de programación Phyton, de forma similar a los sistemas de EE.UU. y R.U. A continuación, se ubicó en la prioridad 8 (factor = 0.5) el dominio del paquete de programas MS Office (con énfasis en MS Excel), al cual los sistemas de EE.UU. y R.U. le otorgaron prioridades mayores (5 y 4, respectivamente). Con igual valor de factor (0.5) se ubicaron, en orden descendente, el dominio del sistema operativo Linux (prioridad 9) y el paquete de programación y procesamiento de datos MATLAB (prioridad 10), los cuales tuvieron una prioridad similar en los sistemas de EE.UU. y R.U. El lenguaje SQL, que se utiliza en programación para el manejo de bases de datos relacionados (factor = 0.3), se ubicó en la prioridad 11, similar a las prioridades de EE.UU. y R.U. Las prioridades otorgadas al dominio del sistema operativo Unix (prioridad 12) y el lenguaje de programación C++ (prioridad 13), fueron significativamente bajas (factor=0.1) y similares a la de los países mencionados a los efectos de comparación. El lenguaje de programación PHP, empleado fundamentalmente en el diseño de sitios web, no constituyó una prioridad, ni para República Dominicana, ni para EE.UU. en la formación de postgrado en Biotecnología. Sin embargo, R.U. ubicó esta habilidad como prioridad 13. Fue significativo que la formación en habilidades acerca de la capacidad de realizar trabajos simultáneos fuesen prioridades de los sistemas de EE.UU. y R.U (prioridades 8 y 10, respectivamente), mientras que para República Dominicana no se consideró una prioridad.

**Tabla 8.13.** Orden de prioridad de las competencias de los planes y programas de estudio de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana y su comparación con las prioridades de empresas biotecnológicas de Estados Unidos y el Reino Unido (Lavrynenko *et al*, 2018).

Competencia	Frecuencias (n = 10 x 3)										No incluida	Factor	Orden de prioridad		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			RD	EE.UU.	R.U.
Técnicas de extracción ADN/ARN		1	1	3	2	0	0	2	0	0	0	1.0	1	-	10
Habilidades en Microbiología	1	0	3	0	1	1	2	0	0	1	1	0.9	2	-	-
Habilidades en Desarrollo de Productos	3	0	1	0	0	1	0	2	1	1	1	0.9	3	1	1
Habilidades en Técnicas de Purificación	0	0	3	0	3	0	2	1	0	0	1	0.9	4	2	6
Habilidades en Control de Calidad	2	0	0	1	0	0	2	1	2	0	1	0.9	5	4	3
Habilidades de Ingeniería Genética	1	3	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0.8	6	-	-
Habilidades de Secuenciación de Genes	0	1	1	1	0	1	0	1	1	2	2	0.8	7	8	5
Habilidades en Enzimología	0	2	0	0	0	0	1	1	2	1	3	0.7	8	-	-
Ensayos <i>in vitro</i>	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	3	0.7	9	5	7
Diseño de ensayos	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4	0.6	10	6	9
Bioestadística	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	5	0.5	11	3	2
Ensayos <i>in vivo</i>	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	5	0.5	12	11	13
Descubrimiento de Anticuerpos	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	5	0.5	13	12	8
Habilidades en Aseguramiento de la Calidad	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	6	0.4	14	7	4
Descubrimiento de Receptores	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	8	0.2	15	9	11
Conocimiento de Buenas Prácticas de Laboratorio												-	10	12	

\* El orden para RD se obtuvo según la frecuencia de las prioridades dadas por los encuestados.

**Tabla 8.14.** Orden de prioridad de las habilidades prácticas de los planes y programas de estudio de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana y su comparación con las prioridades de empresas biotecnológicas de Estados Unidos y el Reino Unido (Lavrynenko *et al*, 2018).

Habilidad Practica	Frecuencias (n = 10 x 3)										No incluida	Factor	Orden		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			RD	EE.UU.	R.U.
Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR)	5	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1.0	1	2	2
Tecnología de Cultivo	3	1	2	1	0	0	1	1	0	0	1	0.9	2	6	-
Ensayos de Toxicidad	0	2	1	3	1	1	1	0	0	0	1	0.9	3	-	5
Microscopía Electrónica	0	0	0	3	0	0	0	2	2	2	1	0.9	4	-	-
ELISA (Inmunoanálisis)	0	4	0	0	2	1	0	0	1	0	2	0.8	5	4	3
Detección Selectiva por Espectrometría de Masas	0	1	0	0	0	3	0	0	1	3	2	0.8	6	-	4
Liofilización	0	0	1	0	1	1	2	1	2	0	2	0.8	7	-	-
Formulación Farmacéutica	1	1	2	0	0	0	0	1	1	1	3	0.7	8	7	8
HPLC (Cromatografía Líquida)	0	1	2	0	0	1	0	2	0	1	3	0.7	9	3	7
Análisis de Residuales	0	0	0	0	0	2	1	2	0	1	4	0.6	10	-	-
Espectrofotometría	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	5	0.5	11	-	-
Citometría de Flujo	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	6	0.4	12	5	6
Técnicas de Purificación	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	8	0.2	13	1	1

\* El orden para RD se obtuvo según la frecuencia de las prioridades dadas por los encuestados.

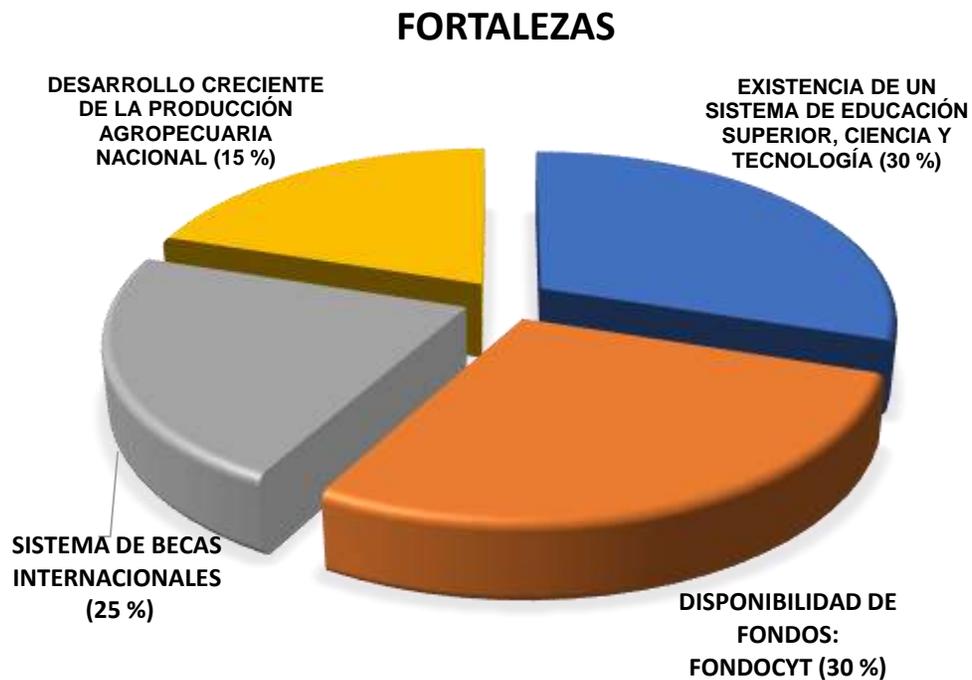
**Tabla 8.15.** Orden de prioridad de otras habilidades y habilidades digitales de los planes y programas de estudio de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana y su comparación con las prioridades de empresas biotecnológicas de Estados Unidos y el Reino Unido (Lavrynenko *et al*, 2018).

Otras Habilidades	Frecuencias (n = 10 x 3)										No incluida	Factor	Orden		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			RD	EE.UU.	R.U
Aspectos Regulatorios/Bioética	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1.0	1	9	8
Trabajo en equipo	1	1	1	4	1	1	1	0	0	0	0	1.0	2	3	3
Gerencia de laboratorio (LIMS)	1	1	0	1	3	0	1	2	1	0	0	1.0	3	2	2
Habilidades de Comunicación	1	0	1	0	3	1	2	2	0	0	0	1.0	4	4	5
Conocimiento de Bioseguridad	2	3	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0.9	5	7	9
Herramientas de Análisis de Información	0	2	4	0	1	0	1	0	0	2	0	0.9	6	1	1
Phyton	0	1	1	1	0	0	1	2	1	1	2	0.8	7	6	6
MS Office/Excel	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	5	0.5	8	5	4
Linux	1	0	0	0	0	1	0	2	1	0	5	0.5	9	11	-
MatLab	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5	0.5	10	13	12
SQL	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	7	0.3	11	12	11
Unix	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	0.1	12	14	-
C++	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9	0.1	13	10	7
PHP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	-	-	13
Capacidad de trabajos simultáneos												-	8	10	

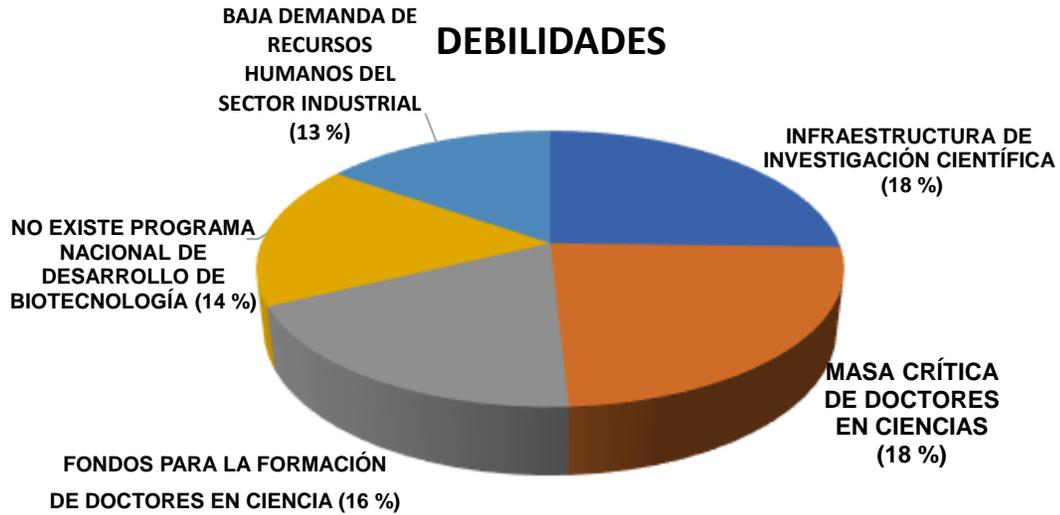
\* El orden para RD se obtuvo según la frecuencia de las prioridades dadas por los encuestados

#### VIII.4 Mapa Curricular de la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana.

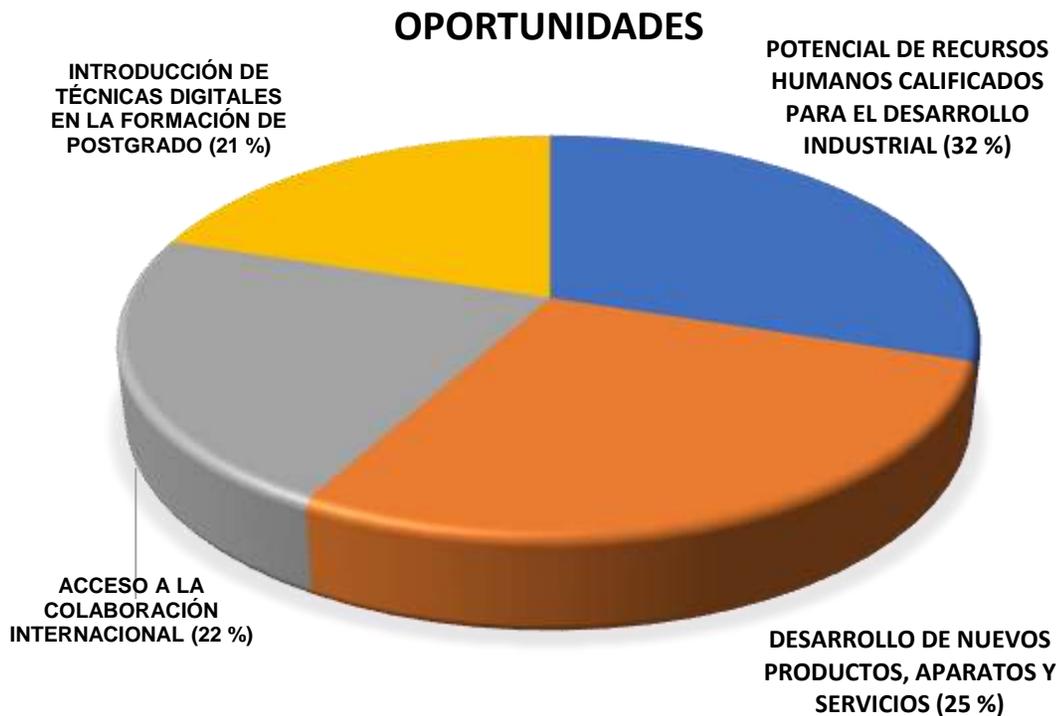
Para la elaboración de un mapa curricular en el diseño de los planes de maestrías y doctorados en Biotecnología, se tuvo en cuenta la frecuencia de las respuestas de los entrevistados a las preguntas 1, 2, 5 y 6 (**Anexo 2**). Como punto de partida, se elaboró la matriz FODA que se muestra en la **Tabla 8.16**. Los resultados indicaron que la posterior elaboración de la malla curricular se debe articular de acuerdo a la experiencia acumulada por las IES dominicanas, así como a las necesidades de los programas de desarrollo del país, en los cuales debe jugar un papel importante la Biotecnología en su acepción más amplia. Las **Figuras VIII.3** a la **VIII.6** muestran las frecuencias de respuestas que se tuvieron en cuenta para la elaboración de la matriz FODA. Las respuestas con una frecuencia menor al 50% ( $n < 15$ ) fueron descartadas.



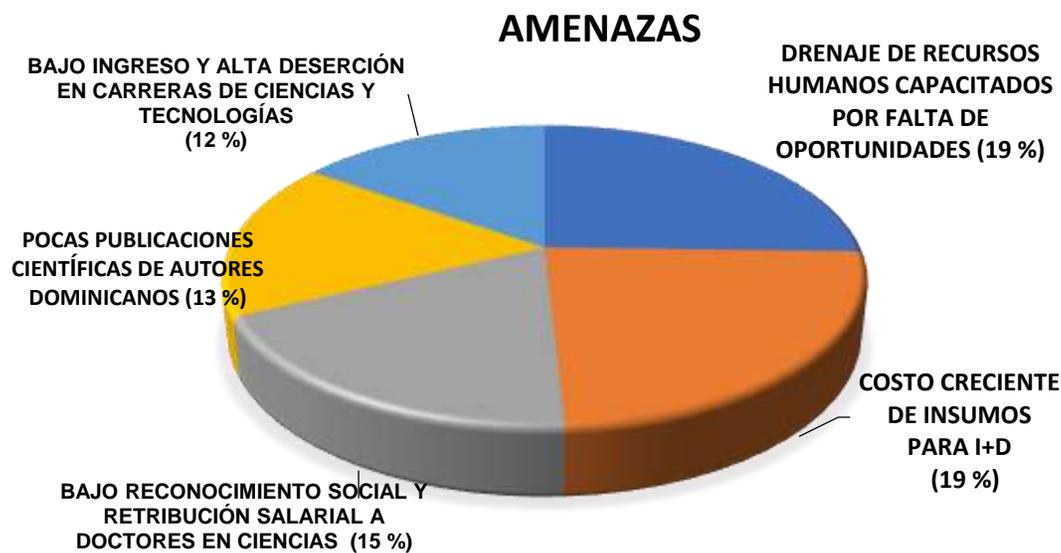
**Figura VIII.3.** Frecuencia de respuestas sobre las fortalezas del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.



**Figura VIII.4.** Frecuencia de respuestas sobre las debilidades del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.



**Figura VIII.5.** Frecuencia de respuestas sobre las oportunidades del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.



**Figura VIII.6.** Frecuencia de respuestas sobre las amenazas del sistema de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas.

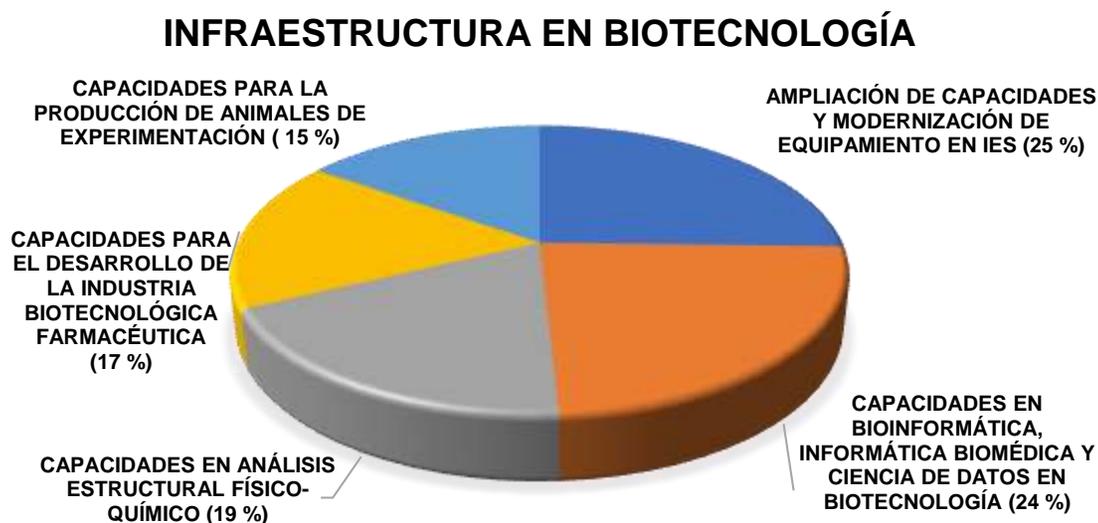
**Tabla 8.16.** Matriz FODA del Sistema de Formación de Postgrado en Biotecnología en las Instituciones de Educación Superior de República Dominicana.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
Existencia de un sistema de educación superior, ciencia y tecnología con experiencia en la formación de recursos humanos calificados.	Disponibilidad de recursos humanos de alta calificación para el desarrollo de la industria biotecnológica dominicana
Disponibilidad de fondos para la ejecución de proyectos de Biotecnología (FONDOCYT)	Desarrollo de nuevos productos, procesos y aparatos para la industria biotecnológica
Implementación de un sistema de becas internacionales para la formación de postgrado en universidades extranjeras	Accesibilidad a la colaboración internacional para el desarrollo de un programa nacional de formación de postgrado en Biotecnología
Desarrollo creciente de la producción agropecuaria dominicana que requiere de recursos humanos altamente calificados	Introducción de las técnicas digitales en el desarrollo del sistema de formación de postgrado en Biotecnología (Bioinformática)
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
Falta de infraestructura para el desarrollo de investigaciones	Tasa de deserción alta en las carreras de Ciencias y Tecnologías
Falta de una masa crítica de Doctores en Ciencias para dirigir tesis de doctorado.	Drenaje de personal capacitado por falta de oportunidades en el país.
No existe un programa nacional de desarrollo de la Biotecnología, ni de formación de recursos humanos para el sector	Costos crecientes de los insumos para la investigación-desarrollo
Baja demanda de recursos humanos calificados de la industria biotecnológica dominicana	Bajo reconocimiento internacional para la realización de investigaciones conjuntas en Biotecnología
Fondos insuficientes para la formación de postgrado, sobre todo de Doctores en Ciencias	Insuficiente reconocimiento social y baja retribución salarial de los Doctores en Ciencias
Bajo desarrollo de la industria biotecnológica dominicana en el aspecto industrial y médico-farmacéutico	Pocas publicaciones de autores dominicanos en las revistas científicas de alto factor de impacto
Insuficiente demanda de recursos humanos de alta calificación para el desarrollo de las actividades conectadas al desarrollo de la industria turística	Contenido y enfoque no actualizados de los pocos programas de postgrado existentes en Biotecnología y áreas relacionadas.

### **VIII.5 Infraestructura de investigación científica para la formación de postgrado en Biotecnología en República Dominicana.**

Las propuestas de modernización de la infraestructura de investigación científica existente o la creación de nuevas capacidades, según las opiniones de los entrevistados, tuvieron una alta dispersión, ya que las respuestas fueron dependientes del perfil de formación profesional del entrevistado y no de las necesidades de desarrollo integral de la Biotecnología como parte de un programa nacional. La **Figura VIII.7** muestra el gráfico de dichas propuestas, según la agrupación siguiente:

1. Ampliación de capacidades y modernización del equipamiento de laboratorio para acometer investigaciones en Ciencias Básicas en las instalaciones existentes en las IES dominicanas.
2. Creación de capacidades computacionales con alta velocidad de conexión y capacidad de almacenamiento de datos para el desarrollo de la Bioinformática, la Informática Biomédica y el desarrollo de la Ciencia de Datos vinculada al desarrollo de todos los campos de la Biotecnología.
3. Creación de capacidades en un Centro Nacional para el análisis instrumental físico-químico con las técnicas más modernas inexistentes en el país (Resonancia Magnética Nuclear, Espectrometría de Masas, Difracción de Rayos X y otras) con la capacidad de ofrecer servicios a las IES y otras instituciones.
4. Creación de capacidades en un Centro Nacional para el desarrollo de principios activos y formulaciones de productos biológicos (medios de diagnóstico, vacunas y otros), como punto de partida para la industria nacional en Biotecnología Farmacéutica.
5. Creación de capacidades para la producción de animales de experimentación (ratones, ratas, conejos, hamsters y otros) con la calidad requerida, tanto para suplir las demandas de IES dominicanas, como para brindar servicios a la industria farmacéutica nacional, en el cumplimiento de aspectos regulatorios para el desarrollo de productos y servicios biotecnológicos.



**Figura VIII.7.** Frecuencia de respuestas sobre las necesidades de creación en infraestructura para el desarrollo de un sistema de formación de postgrado en Biotecnología.

## IX. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados mostrados con anterioridad parten de dos fuentes fundamentales:

1. La encuesta realizada a docentes y funcionarios de veinte (20) IES dominicanas, que debe ser considerado como un instrumento cualitativo, cuyas opciones de respuesta han sido cerradas, aunque se consideró la oportunidad de anexar cualesquiera otros criterios pudiesen tener los encuestados (**Tabla 8.1**).
2. El cuestionario de entrevista realizado a treinta (30) expertos académicos, con más de 15 años de experiencia en la docencia y/o la investigación en temas de la Biotecnología, así como a gerentes de empresas dominicanas de base biotecnológica, el cual incluyó no solo una evaluación cualitativa, sino además cuantitativa, en lo referido a las competencias y habilidades que se debían alcanzar en los planes de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas (**Tabla 8.12**).

El tamaño de muestra analizado fue representativo para el objetivo principal de la tesis, similar a la de otros trabajos publicados (Welch *et al*, 2014; Gairin *et al*, 2020), dado el contexto poblacional y de desarrollo de la Biotecnología en República Dominicana.

No menos importante ha sido el resultado de la búsqueda de información de ofertas académicas en Biotecnología y otras áreas relacionadas, tanto de grado como de postgrado, en los sitios web de veintiséis (26) IES dominicanas que no participaron de la encuesta antes mencionada, así como de veinte (20) IES de otros países (10 de América Latina y el Caribe, 5 de Estados Unidos y 5 de Europa), para un total de sesenta y cinco (65) IES cuyos planes de formación en Biotecnología han sido considerados para los resultados de la presente Tesis. Finalmente, se consultó la Base de Datos de FONDOCYT (FONDOCYT, s.f.) y se seleccionaron 123 Proyectos de Investigación en el campo de la Biotecnología, financiados por dicho órgano en el período 2005-2020, a los efectos de evaluar su correspondencia con los planes de formación de postgrado de las IES dominicanas (**Anexo 6**).

### **IX.1 Diagnóstico y Evaluación de los programas de grado en Biotecnología de las IES dominicanas y su correspondencia con el nivel internacional.**

Según se puede apreciar en la **Tabla 7.3**, diez (10) IES dominicanas tienen alguna oferta académica de grado en áreas relacionadas o que se pudieran relacionar con la Biotecnología, pero solo una (1) IES oferta la carrera de grado de Licenciatura en Biotecnología (INTEC) con 224 créditos (INTEC, 2015), que resulta bastante abarcadora con la inclusión de asignaturas de los diferentes campos de la Biotecnología. INTEC también incluye en su oferta académica de grado la Ingeniería Biomédica, una de las carreras emergentes en el campo de la Biotecnología (WHO, 2017). Una oferta académica que pudiese estar vinculada al desarrollo de la Biotecnología en República Dominicana es la de Licenciatura en Bioanálisis que se oferta por cinco (5) IES (UASD, UCE, UTESA, UTECO Y UCATECI), pero su perfil se encuentra dirigido mayoritariamente al análisis clínico, con varias asignaturas de perfil médico (Anatomía, Histología, Fisiología, Genética, etc.), con prácticamente ninguna orientación hacia el análisis de productos biotecnológicos, donde se requiere de técnicas de análisis que no están incluidas en dichos planes de estudio. Una posible alternativa a dicha oferta académica sería la ampliación del plan de estudios a varias menciones, de manera que se pueda incluir el análisis de productos biotecnológicos (medicamentos, vacunas y alimentos, entre otros), con una mayor componente de técnicas de análisis instrumental físico-químico y estructural. que permitan alcanzar las habilidades prácticas que se describen en la **Tabla 8.14**.

Desde el punto de vista de las Ciencias de la Ingeniería, se pueden destacar las ofertas académicas en Tecnología de los Alimentos (UASD, Loyola y el ISA), así como en Ingeniería

Industrial y de Sistemas (UNIBE y PUCMM), ambas de posible relación con el desarrollo de las ingenierías biológicas (**Tabla 8.3**). Sin embargo, el contenido y enfoque de los planes de estudio son tradicionales y solo contemplaron alguna asignatura relacionada con la Biotecnología, en el mejor de los casos. La alternativa de ampliación de los planes de estudio en las Ciencias de la Ingeniería, incluyendo un módulo electivo en Biotecnología, parece ser un camino viable para fortalecer la formación de grado en este campo.

Un resultado interesante del análisis de competencias en los planes de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas (**Tabla 8.13**), que posiblemente se relaciona con lagunas en la formación de grado en las IES dominicanas, fueron las prioridades otorgadas por los entrevistados a las competencias de adquisición de habilidades en Microbiología, Enzimología e Ingeniería Genética, lo cual no es considerado prioridad en los sistemas de postgrado en EE.UU. y R.U. (Lavrynenko *et al*, 2018). Es decir, las competencias en estas tres asignaturas parecen ser más adecuadas a la formación de grado en Biotecnología. Mientras que la asignatura de Microbiología está incluida en los planes de estudio de grado en las IES dominicanas mencionadas con anterioridad, no es así con las asignaturas de Enzimología, por ejemplo, en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, ni con la de Ingeniería Genética en ninguna de las ofertas académicas antes mencionadas.

El análisis de los factores que más afectan los programas de grado en Biotecnología y áreas relacionadas con este campo, como resultado de la encuesta en 20 IES dominicanas (**Figura VIII.1**), mostraron que, más allá de los factores internos de la IES, existieron condicionantes socio-económicas que determinan, en la actualidad, la inserción de los estudiantes en las carreras de Ciencias y Tecnologías, dentro de las cuales se incluye la Biotecnología. En primer lugar, a pesar de que el PECYT incluyó la Biotecnología como una prioridad de desarrollo (SEESCYT, 2008), ello no se tradujo en un Programa Nacional con la debida organización, operatividad y financiamiento que pudiese garantizar los objetivos trazados. Quizás, el factor determinante haya sido la falta de lo más importante en todo programa de desarrollo: el recurso humano calificado, sobre todo en la categoría de Ph. D.; en segundo lugar, por la falta de reconocimiento social y del incentivo salarial que pudiese motivar a los jóvenes graduandos a incorporarse al estudio de Ciencias y Tecnologías, y finalmente, aunque no menos importante, a la insuficiencia de infraestructuras para las prácticas docentes de laboratorio y el desarrollo de investigaciones científicas. Es decir, no parece ser suficiente realizar un trabajo de mejora a lo interno de las IES

dominicanas para la formación de grado en Biotecnología, si no se parte de la integración de las IES a un Programa Nacional de Desarrollo de la Biotecnología dirigido a resolver los factores socio-económicos antes mencionados.

La comparación con los sistemas de educación de grado en Biotecnología de IES mejor ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades de la región de América Latina y el Caribe (**Tabla 7.4**) mostró que, tanto la UNAM y el Instituto Tecnológico de Monterrey (México), como la UFSP (Brasil), son las IES de mayor oferta académica y experiencia en la formación de grado en Biotecnología. Sin embargo, otras dos IES de alto ranking, como la UPR (Puerto Rico) y la PUCCh (Chile), no tienen oferta académica de grado en este campo. Es decir, el ranking alto de una IES no significa que tenga que ser la mejor en todos los campos. Fue significativo que la Ingeniería Biomédica estuviese incluida en la UNAM, UFSP y la CUJAE (Cuba). Esa misma comparación, pero con IES de Estados Unidos (**Tabla 7.5**), mostró que tanto la Universidad de Harvard, como la de Stanford, son las IES con las ofertas académicas de grado más abarcadoras. Resultó muy llamativa la modalidad de la Universidad de Stanford de ofertar la modalidad de Diseño Individual de Programa de Grado, tanto para Ingeniería, como para Médico Científico, según los intereses y motivaciones del estudiante de grado. Otro hallazgo interesante fue la oferta académica de grado de Caltech para el Entrenamiento Predoctoral de Liderazgo en Biotecnología para estudiantes con muy alta motivación hacia el estudio en ese campo, tanto desde el punto de vista de la investigación, como de la tecnología. Por regla general, todas las IES de EE.UU. tienen ofertas académicas de grado con una fuerte componente computacional y de Ciencia de Datos. Finalmente, la evaluación de las ofertas académicas de las IES europeas (**Tabla 8.6**) mostró que el *Imperial College London* (R.U.) tiene la oferta académica de grado más abarcadora por campos de la Biotecnología; sin embargo, la Universidad de Utrecht (Países Bajos) tuvo la oferta académica de grado en Ciencias Interdisciplinarias, que consiste en un diseño personalizado de la carrera de grado, de manera similar a la Universidad de Stanford (EE.UU.), que puede abarcar cualquier área de la Biotecnología.

La importancia de una adecuada formación de grado es vital para el éxito de los planes de formación de postgrado en Biotecnología, como en cualquier otro campo (Shet *et al*, 2017). Es en la formación de grado donde se crean las actitudes y motivaciones hacia la Ciencia en general y la Biotecnología en particular, por lo que se deben saber conjugar los intereses de los estudiantes con una conducción efectiva del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biotecnología en un contexto

científico específico (Nordqvist & Aronsson, 2019). El éxito que se obtenga en la formación de grado y la motivación que se logre en el estudiante hacia la Ciencia y la Tecnología en las IES dominicanas, son esenciales para garantizar el éxito futuro en la elección del graduado hacia este campo de la Ciencia, lo cual debe contribuir a solucionar las necesidades presentes y futuras de desarrollo de la sociedad dominicana. Es por ello, que el perfeccionamiento futuro de las ofertas académicas de grado en Biotecnología debe tener en cuenta las experiencias positivas de las IES de otras regiones geográficas, como las descritas con anterioridad, incluyendo los incentivos a docentes e investigadores de esas latitudes para su contratación, a través de las IES dominicanas, a los efectos de la formación de Ph. D. dominicanos en el campo de la Biotecnología y otras áreas relacionadas, como futuros docentes e investigadores de los planes de grado.

## **IX.2 Diagnóstico y Evaluación de los programas de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas y su correspondencia con el nivel internacional.**

La **Tabla 8.8** muestra que no existe alguna IES dominicana que oferte algún Programa de Doctorado en Biotecnología, sea este consorciado o no con una IES extranjera. La información ofrecida por el MESCyT corrobora este hallazgo (**Anexo 3**). Lo que más se acercó a una oferta académica de programa de doctorado en Biotecnología fue la oferta de Doctorado en Ciencias Ambientales del INTEC, cuyo plan de estudios se muestra en el **Anexo 7**, orientado hacia los estudios de bioseguridad y biodiversidad en ecosistemas ambientales. El resultado de la encuesta a las IES dominicanas demostró que el factor determinante (100% de las respuestas) fue la falta de incentivos (sociales, económicos o profesionales) para que los egresados de carreras de Ciencias y Tecnologías de las IES dominicanas elijan la formación como Ph. D. en Biotecnología como su primera opción (**Figura VIII.3**). En segundo lugar (90% de las respuestas), se ubicó la falta de Ph.D., dominicanos o extranjeros, para impartir los programas de maestría o doctorado en Biotecnología. Es decir, no se trata solo de disponer de los recursos financieros, ni de la infraestructura física para realizar las investigaciones, como factores principales que determinan la implementación de un programa nacional de formación de postgrado en determinado campo de las Ciencias, sino que lo más importante es el recurso humano, motivado e incentivado para trabajar en la formación de Masters y Doctores en Biotecnología dominicanos. Estos resultados no resultaron muy diferentes a los de la encuesta en la formación de grado; sin embargo, los encuestados respondieron con mayor unanimidad a los factores relacionados con los incentivos y la disponibilidad de Doctores en Ciencias (no solo Biotecnología), fuesen estos dominicanos o

extranjeros, para el fortalecimiento del sistema de formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas. De manera similar a la discusión realizada con relación a la formación de grado, no es suficiente realizar un trabajo de mejora a lo interno de las IES dominicanas para la formación de postgrado en Biotecnología, si no se parte de la integración de las IES a un Programa Nacional de Desarrollo de la Biotecnología dirigido a resolver los factores socio-económicos antes mencionados.

Se identificaron algunas fortalezas en el desarrollo de Programas de Maestría en áreas relacionadas con la Biotecnología en la UASD (Tecnología de Alimentos, Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Extensión Agropecuaria y Forestal y Estadística Especializada), PUCMM (Investigación Biomédica), ISA (Biotecnología Vegetal), ISFODOSU (Biología -Mención Biotecnología), UNPHU (Ciencia para Docentes), UAPA (Big Data) y el Colegio Barna (Administración de Empresas) que, utilizando las competencias y habilidades que se describen más adelante, pudieran ser la semilla de futuros programas de doctorado en estas áreas vinculadas a la Biotecnología, sobre todo en el manejo y análisis de datos biológicos y la gestión de empresas biotecnológicas. Este posible desarrollo futuro se podría hacer de manera consorciada con IES extranjeras, tal como se describe más adelante.

A diferencia de los resultados en la educación de grado, la comparación con los sistemas de educación de postgrado en Biotecnología de IES mejor ubicadas en el Ranking Mundial de Universidades de la región de América Latina y el Caribe (**Tabla 8.9**) mostró que PUCCh (Chile) es la IES de mayor oferta académica y experiencia en la formación de postgrado en Biotecnología, seguida de la Universidad de Indias Occidentales (Caribe). Sin embargo, el análisis y evaluación de datos (Ciencia de Datos) solo se oferta a nivel de Maestría en tres IES (PUCCh-Chile, UBA-Argentina y Universidad de Indias Occidentales-Caribe) y ninguna IES presentó oferta alguna de postgrado relacionada con la Bioinformática. Quizás este último hallazgo es lo que puede ofrecer a República Dominicana la posibilidad de insertarse en una posición de avanzada en la formación de postgrado en Biotecnología en la región.

Una comparación similar, pero con IES de Estados Unidos (**Tabla 8.10**), mostró que las Universidades de Stanford y Chicago tienen una oferta académica de postgrado en Biotecnología muy abarcadora, la primera (Stanford) con énfasis en la Ciencia de Datos y la segunda (Chicago) pone más énfasis en las Ciencias Biomédicas y de la Salud. Prácticamente todas las IES estadounidenses ofertan la posibilidad para estudiantes de grado aventajados, con altos índices

académicos en sus respectivas carreras de grado, de poder incorporarse a un programa de doctorado (Ph. D.) directamente a través de su incorporación a un proyecto de investigación de un laboratorio de investigaciones de la IES, que cuenta con los fondos para cubrir tanto los gastos de investigación como los del estipendio del estudiante de doctorado. Esta modalidad sería conveniente explorarla en aquellas IES dominicanas que cuentan con proyectos de investigación financiados por FONDOCYT (**Anexo 6**). La evaluación de las ofertas académicas de las IES europeas (**Tabla 8.11**) mostró que esta última alternativa también se aplica en tres IES de alto ranking (*Imperial College London-R.U., Ludwig Maximilians-Universität-München-Alemania* y *Universidad de Utrecht-Países Bajos*), donde el trabajo de doctorado es un trabajo de investigación con muy pocos cursos, en alguno de los grupos de investigación de la IES, según el plan que haga el director de Tesis.

El éxito que se obtenga en la formación de postgrado y la motivación que se logre en el graduado de Biología, Química, Física, Medicina y las Ingenierías para elegir la oferta académica de postgrado en Biotecnología (maestría o doctorado), como primera opción, dependerá tanto del objetivo de la realización personal, como del conocimiento que se tenga de la contribución personal al desarrollo de esta rama productiva en el país. Esta motivación puede ser posible en la medida que:

- i. existan fuentes de empleo para personal de alta calificación profesional en Biotecnología,
- ii. el reconocimiento social y la retribución salarial de Masters y Doctores en Biotecnología resulte atractivo para la persona,
- iii. se incorporen especialistas extranjeros, de reconocido prestigio y currículum, en diferentes áreas de la Biotecnología, capaces de formar y entrenar una generación de Masters y Doctores en Biotecnología para la docencia y la investigación, tanto en las IES como en las empresas biotecnológicas dominicanas,
- iv. se consolide la infraestructura de investigación y la modernización del equipamiento, por áreas de prioridad, a un nivel competitivo, que permita la efectiva interacción con IES extranjeras de reconocida trayectoria en Biotecnología.

El perfeccionamiento futuro de las ofertas académicas de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas debe tener en cuenta las experiencias positivas de las IES de otras regiones geográficas, como las descritas con anterioridad, lo cual contribuirá también al perfeccionamiento de los planes de estudio y la calidad de la educación de grado a través de la investigación científica.

### **IX.3 Correspondencia entre los Proyectos de Investigación-Desarrollo en Biotecnología en República Dominicana y la formación de postgrado en las IES dominicanas.**

República Dominicana ha creado una masa crítica de investigadores desde la creación del FONDOCYT en el año 2005. En la actualidad existen más de 800 investigadores principales y co-investigadores que han trabajado en más de 400 Proyectos de Investigaciones Científicas, de los cuales más del 10% ostentan el grado de Doctor en Ciencias (PhD) (Gómez *et al*, 2019). Sin embargo, no todos los Ph. D. dominicanos (926) participan como investigadores de los Proyectos FONDOCYT, ya que la mayoría de ellos pertenecen al área de Ciencias Sociales y Humanidades. Estos Proyectos han generado resultados importantes para el país, que se han traducido en publicaciones en revistas científicas, tanto nacionales como internacionales, y se han presentado en reuniones y eventos científicos. Sin embargo, esto aún resulta insuficiente, en términos de la formación de recursos humanos para la investigación científica.

El porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) que dedica el país a la I+D es del 0.01%, uno de los más bajos de América Latina y el Caribe y lejos aún del 0.5% estimado en el PECYT para ser alcanzado en el año 2018, según se puede apreciar en la **Tabla 9.1** (RICYT, 2021). La mayor causa de este bajo porcentaje ha sido la escasa financiación del sector productivo privado a la I+D, sin lo cual no es posible traducir la investigación en desarrollo y la generación de nuevos productos. Ese constituye el primer reto y la gran oportunidad para promover el desarrollo científico-tecnológico en un país que básicamente depende de los productos primarios para sus exportaciones. El incremento de las capacidades de exportación de República Dominicana requiere de un flujo de caja sostenido, en términos de la inversión en I+D, de ambos sectores, público y privado. Quizás el reto y la oportunidad más importante de desarrollo de República Dominicana será traducir la capacidad investigativa que se ha ido creando en una fuerza de desarrollo de productos innovadores, con un alto valor agregado. Para ello se requiere fortalecer la protección de los derechos de propiedad industrial, mediante la presentación de patentes y otras formas de protección, antes de publicar los resultados en revistas científicas, que le permita a las IES y empresas biotecnológicas dominicanas disponer de un activo intangible que hasta la fecha no ha sido explotado (Ver coeficiente de invención de la República Dominicana en **Tabla 9.1**).

Existe una marcada influencia al desarrollo de investigaciones en Biotecnología Vegetal, en lo cual han jugado un papel protagónico 2 IES (UASD y el ISA) y 2 centros de investigaciones científicas (IIBI y el IDIAF). La mayor cantidad de proyectos financiados por FONDOCYT en el

área de la Biotecnología (35, 28.5 %) correspondieron al IIBI, que no constituye una IES. Resulta por tanto consecuente, que los fondos invertidos en las investigaciones del IIBI financiadas por FONDOCYT no hay conducido a la formación de Masters y Doctores en Biotecnología, salvo alguna excepción. En segundo lugar, se encuentra la UASD (25, 20.3 %), que no tiene incluido en su oferta académica ningún plan de doctorado en Biotecnología y las Maestrías que oferta solo se vinculan de manera indirecta a la Biotecnología, según se recoge en el **Anexo 8**. La oferta académica de postgrado del ISA incluye la Maestría en Biotecnología Vegetal y cuenta con 18 proyectos FONDOCYT aprobados (14.6 %), de los cuales 11 proyectos correspondieron al área de Biotecnología Vegetal. Esos proyectos han dado lugar a la graduación de 26 Masters en Biotecnología Vegetal, que constituyen un ejemplo positivo de formación de postgrado en dicha área de la Biotecnología en República Dominicana. El plan de estudios de esa Maestría se recoge en el **Anexo 9** de la presente Tesis. El próximo paso en la formación de postgrado en Biotecnología del ISA sería la oferta académica de un programa de doctorado en Biotecnología de las Plantas, lo cual se discute más adelante. Llama la atención que existen IES dominicanas, que tienen ofertas de Maestría en Biotecnología (PUCMM-Investigación Biomédica y el ISFODOSU-Biología-Mención Biotecnología y Biología Molecular) y, sin embargo, no han tenido proyecto alguno financiado por FONDOCYT en el periodo 2005-2020 en dichas áreas de la Biotecnología. Sin embargo, PUCMM ha graduado 23 Masters en Investigación Biomédica en el periodo 2018-2021, lo cual constituye un segundo ejemplo positivo. ISFODOSU no ha graduado ningún Master en la Mención de Biotecnología y Biología Molecular. A manera de ejemplo, los planes de estudio de dichas Maestrías se recogen en los **Anexos 10 y 11**, respectivamente de la presente Tesis.

La única oferta de un programa de doctorado autóctono, que se vincula de forma indirecta a la Biotecnología, es la oferta académica del INTEC de Doctorado en Ciencias Ambientales, que se enfoca principalmente en aspectos de bioseguridad y biodiversidad de los ecosistemas, sin descartar otras posibilidades de investigaciones biotecnológicas medioambientales, aunque no se ha graduado la primera cohorte de dicho programa de Doctorado que se inició en 2018 con 9 estudiantes y hoy cuenta con 39. Los primeros doctores en Ciencias Ambientales (11 estudiantes) deben graduarse entre 2023 y 2024 (Jaúregui, 2023). Sin embargo, de los 5 proyectos FONDOCYT ejecutados por INTEC en el periodo 2005-2020, ninguno es de Biotecnología Ambiental.

Otro aspecto interesante en el diagnóstico de la formación de postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas fue la oferta académica, tanto de INTEC (**Anexo 6**) como de UAPA (**Anexo**

**12)** de la Maestría en Ciencia de Datos y Big Data e Inteligencia de Negocios, respectivamente (**Tabla 8.8**), que con una actualización enfocada hacia la Bioinformática y el manejo y análisis de datos biológicos podrían ofrecer una contribución importante en la formación de postgrado en Biotecnología en áreas que hasta ahora no han sido cubiertas por otras IES dominicanas. Una actualización similar podría también ser posible en las ofertas académicas de Maestría de la UNPHU (Ciencia para Docentes), con una mención en Biotecnología, y del Colegio Barna (Administración de Empresas), con una mención en Creación y Gestión de Empresas Innovadoras de Base Tecnológica, similar a la oferta académica de la Universidad de Barcelona, España (**Tabla 8.11**).

**Tabla 9.1.** Indicadores de I+D en América Latina. Publicaciones de acuerdo al *Science Citation Index* (SCI) y patentes otorgadas en 2018. (RICYT, 2022).

País	Publicaciones en SCI	Índice/habitante	% Crecimiento*	Patentes otorgadas**	Coefficiente de invención	% PIB para I+D***
Argentina	12,413	27.9	39.8	1,524	0.99	0.46
Barbados	102	35.7	13.3	-	-	-
Bolivia	238	3.2	0	63	0.53	0.16
Brasil	59,744	28.6	52.8	5,647	3.55	1.16
Chile	11,733	62,5	106.9	1,490	2.31	0.34
Colombia	7,022	14.1	121.7	1,630	0.84	0.23
Costa Rica	918	18.4	90.5	235	0.68	0.39
Cuba	912	8,1	0	89	0.24	0.55
<b>República Dominicana</b>	<b>170</b>	<b>1.6</b>	<b>98.7</b>	<b>158</b>	<b>0.21</b>	<b>0.01</b>
Ecuador	2,034	11.9	155.7	17	0.17	0.44
Guatemala	320	1.9	164.4	29	0.10	0.03
Guyana	56	7.2	94.7	6	0.26	-
Haití	131	1.2	122	-	-	-
Honduras	135	1.5	77.6	85	0.16	0.04
Jamaica	260	9.5	0	2	0.51	0.34
México	19,522	9,7	76.4	8,264	1.03	0.28
Nicaragua	126	1,9	63.6	-	-	0.03
Panamá	604	14.5	33	133	0.80	0.15
Paraguay	245	3.5	30.8	28	0.22	0.14
Perú	2,320	7.2	194.4	713	0.42	0.16
El Salvador	105	1,25	363	73	0.19	0.17
Trinidad & Tobago	259	19.0	34.9	68	0.07	0.08
Uruguay	1,520	43.6	85.8	58	0.66	0.53
Venezuela	1,007	3.2	0	68	0.06	0.44
<b>América Latina y el Caribe</b>	<b>111,344</b>	<b>17.4</b>	<b>144.1</b>	<b>22,661</b>	<b>1.64</b>	<b>0.56</b>

\* Referido a publicaciones SCI en el año 2011. \*\*Otorgadas a residentes y no residentes. \*\*\*Último año reportado.

#### **IX.4 Diagnóstico y Evaluación de las Competencias y Habilidades de los Programas de Postgrado en Biotecnología en IES dominicanas.**

- **Competencias**

Una encuesta similar a la realizada en el presente trabajo fue realizada en un grupo de Universidades de India (Suthiporn *et al*, 2016), con algunas variaciones en el orden de prioridad. En un primer grupo se situaron las competencias de habilidades en aseguramiento de la calidad, métodos instrumentales de análisis químico, bioseguridad y habilidades en biotecnología industrial; en un segundo grupo, aplicaciones de la tecnología de la información y las comunicaciones, planeamiento, comunicación y presentación y el dominio de lenguas extranjeras, y en un tercer grupo, responsabilidad, trabajo en equipo y capacidad creativa. Estos resultados confirmaron que la prioridad en la elección de competencias dependió, en un alto grado, de la realidad socio-cultural de cada país, así como del escenario regulatorio en que se desarrolló la industria biotecnológica de ese país. En el caso del escenario europeo, se ha sugerido un marco de referencia para la industria biotecnológica, con énfasis en la Biotecnología Farmacéutica, que ha abarcado siete grupos de competencias: 1. I+D, 2. Procesos de producción y purificación, 3. Formulación y desarrollo de productos, 4. Áreas asépticas, 5. Metodología analítica, 6. Estabilidad de productos, y 7. Aspectos regulatorios. (Atkinson *et al*, 2015). Dada la diversidad de esferas productivas en las que interviene la Biotecnología, la formación de postgrado en las IES dominicanas debe tener en cuenta, no sólo los aspectos básicos de adquisición de conocimientos y habilidades prácticas, sino también aquellas competencias específicas de cada área biotecnológica. Un amplio estudio de las ofertas académicas de postgrado del sector biotecnológico, en un amplio conjunto de Universidades de los 27 países que conforman la Unión Europea, ha sido publicado recientemente (Gairín Sallán *et al*, 2020), donde se pudo apreciar la diversidad de competencias, según el sector específico de la Biotecnología. Un hallazgo interesante de la encuesta realizada en la presente Tesis es la prioridad otorgada a las competencias de desarrollo de habilidades en Microbiología, Enzimología e Ingeniería Genética por los expertos dominicanos, mientras que en EE.UU. y R.U. no se consideraron prioridades para el postgrado en Biotecnología. Una explicación plausible sería que estas habilidades se deben desarrollar en los estudios de grado, por lo que el graduado debe alcanzar esas competencias durante su carrera universitaria en Ciencias de la Vida,

o mediante una especialización en dichas materias, de forma previa al inicio de la formación de postgrado.

- **Habilidades Prácticas**

De manera similar a lo ocurrido en las prioridades otorgadas a las competencias en el epígrafe anterior, los resultados alcanzados en la presente Tesis mostraron debilidades en los programas de grado de las IES dominicanas, en cuanto a la inclusión de habilidades prácticas, que son necesarias para el dominio de las competencias. La carencia de infraestructura y equipamiento de los laboratorios puede ser una de las causas que explique esta situación. Una posible alternativa, parecido a lo ocurrido con algunas competencias (Microbiología, Enzimología e Ingeniería Genética), sería la especialización en dichas habilidades prácticas (Microscopía Electrónica, Liofilización y Espectrofotometría) antes de iniciar la formación de postgrado. No obstante, debe tenerse en cuenta que los resultados de la encuesta, en lo que concierne a las habilidades prácticas, es un escenario que está cambiando constantemente, según vayan surgiendo nuevas técnicas, procedimientos y equipamiento, que deben irse incorporando a los planes de estudio para mantener su carácter competitivo (Shmatko, Gokhberg & Meissner, 2020).

- **Otras Habilidades**

De forma general, la importancia que se ha otorgado a la formación de competencias y habilidades en el área de la tecnología de la información y las comunicaciones resulta un aspecto vital para las opciones de empleo del futuro especialista en Biotecnología (Devece, 2013). La mayor parte de la literatura publicada acerca de las competencias y habilidades se ha concentrado en las demandas de las empresas empleadoras (Motyl *et al*, 2017), mientras que solo unas pocas publicaciones dedican su atención a la correspondencia que debe existir entre dichas competencias con la cultura innovadora de la empresa empleadora (del Rosario & Rene, 2017). Esto tiene que ver, en su mayor parte, con la importancia que se le otorgue, sobre todo, a las habilidades digitales dentro de la cultura de trabajo de la organización. En general, siempre se le brinda mayor importancia a las competencias y las habilidades prácticas, las cuales son importantes. Sin embargo, si la estructura jerárquica se concentra en dichas competencias o habilidades duras solamente y no da importancia a las otras habilidades (incluyendo las digitales), será muy difícil motivar el trabajo en equipo enfocado hacia la creatividad, lo cual es indispensable para un proceso sostenible de innovación. Los diseños curriculares de postgrado en Biotecnología deben dirigirse principalmente a la formación de especialistas con una base académica multidisciplinaria, en lugar

de concentrarse en la formación de especialistas, lo cual se corresponde con las tendencias de desarrollo de las Ciencias de la Vida y el desarrollo interdisciplinario de la Biotecnología, así como la aceleración que se observa en la convergencia hacia especialidades tales como la nanotecnología, la bioinformática y las neurociencias (Gairín Sallán *et al*, 2020). En el caso específico de EE.UU. y R.U., la habilidad de integrar e interpretar grandes volúmenes de datos biológicos y médicos cobra cada día mayor importancia, lo cual se corresponde con el rápido desarrollo de la Bioinformática y el crecimiento exponencial de los datos en ese campo. (Lavrynenko, Shmatko & Meissner, 2018). Sin embargo, no es así en el caso de los resultados de las entrevistas de expertos de República Dominicana, donde se le otorgó una prioridad intermedia a dicha habilidad, lo cual podría ser la consecuencia del poco desarrollo de la industria biotecnológica farmacéutica en el país. A diferencia de EE.UU. y R.U., donde se le asignó una prioridad intermedia al conocimiento de los aspectos regulatorios y estándares internacionales, en República Dominicana se le otorgó la mayor prioridad dentro de las habilidades a alcanzar en la formación de postgrado; quizás por la debilidad de la fuerza técnica de la autoridad regulatoria dominicana en comparación con sus similares de EE.UU. (*FDA: Food and Drug Administration*) y R.U. (*HMRA: Medicines & Healthcare Products Regulatory Agency*).

Estas diferencias de prioridades para las competencias y habilidades es el producto de las diferencias en la cultura organizacional, aunque en la mayor parte de las prioridades existen similitudes. Por ejemplo, la prioridad que se le otorgó a las habilidades de comunicación, de trabajo en equipo y de gerencia de laboratorio, que resultan esenciales en la economía moderna (Sabirova *et al*, 2020), se consideraron como de alta prioridad, tanto en República Dominicana, como en EE.UU. y R.U. Por el contrario, los expertos dominicanos encuestados no concedieron prioridad alguna al conocimiento de las Buenas Prácticas de Laboratorio (*GLP: Good Laboratory Practices*), lo cual no es consecuente con la prioridad que se le otorgó al conocimiento de los aspectos regulatorios. De manera similar, fue significativo la no inclusión, dentro de las prioridades dominicanas, del desarrollo de la capacidad de realizar trabajos simultáneos. De manera general, los entrevistados otorgaron una mayor prioridad a las habilidades prácticas que a las otras habilidades, incluyendo las digitales, quizás asumiendo que estas últimas se van adquiriendo, de forma natural, durante su ejecutoria laboral.

Otro factor importante en el otorgamiento de prioridades a las competencias y habilidades que se deben alcanzar en el sistema de postgrado en Biotecnología es la cultura de investigación

científica e innovación que existe en cada nación, ya que esta determina el potencial de crecimiento y el nivel de competitividad del capital humano (Lange & Wagner, 2021). Por ejemplo, la creciente atención a la creación de habilidades en el desarrollo de negocios en el campo de la Biotecnología (Bioeconomía) ha hecho que se hayan elaborado programas de maestría con esta orientación específica en el área de las Ciencias Económicas y Comerciales (Allan *et al*, 2008; Pubule *et al*, 2020). En la medida que las actividades de I+D en Biotecnología, así como en otras ramas de importancia para el desarrollo económico y social de República Dominicana, se fortalezcan y la fuerza laboral de las empresas biotecnológicas se vuelva más competitiva a escala global, por la incorporación de profesionales cada vez más calificados, dentro de un robusto sistema de formación de postgrado, ello permitirá una mayor inserción del país a escala global tanto en las interacciones educativas, como en las comerciales (Núñez Sellés, 2022).

#### **IX.5 Propuesta de un marco de referencia de competencias y habilidades para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología en las Instituciones de Educación Superior, República Dominicana.**

Dada la variedad de perfiles de empleo de las empresas biotecnológicas, el diseño curricular a elaborar debe ser adaptativo, lo cual debe permitir la incorporación progresiva de los nuevos conceptos, técnicas y procedimientos que van surgiendo en el desarrollo de la Biotecnología (Fossey, 2012). Por otra parte, el diseño de las competencias y habilidades que se deben alcanzar al completar el plan de estudios deben incluir también las competencias genéricas, tal como se ha descrito (Van Koller, 2010). Tomando en cuenta los resultados descritos con anterioridad, así como las propuestas de la literatura publicada con relación a las competencias genéricas, se proponen las competencias y habilidades que se muestra en la **Tabla 8.2**, que deben ser tomadas en cuenta para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas. Las competencias genéricas abarcaron varias de las habilidades descritas en la **Tabla 7.15** (Otras habilidades), dada la importancia que les fue otorgada por los entrevistados. Por ejemplo, en la competencia genérica “*Dominar habilidades para diseñar, implementar y ejecutar las actividades necesarias para la solución de problemas*” se consideró que el conjunto de habilidades prácticas contribuye a dicha competencia; la competencia genérica “*Conocer los métodos de búsqueda de la información para la solución de problemas complejos, que constituyen un reto dentro de su campo*” consideró la habilidad “Herramientas de Análisis de Información”, y así sucesivamente. Debe tenerse en cuenta que el perfil de los entrevistados fue mayoritario con relación a las especialidades de Biotecnología

Vegetal y Agropecuaria, por lo que los resultados que se muestran están sesgados por estas especialidades. Un trabajo futuro deberá hacerse considerando otras especialidades de la Biotecnología, que contribuyan a conformar el módulo electivo del diseño curricular, según dichas competencias específicas y habilidades prácticas. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud ha reconocido la importancia y el accionar de los ingenieros biomédicos dentro de los sistemas de salud (WHO, 2017), especialidad que tiene muy poco desarrollo en República Dominicana. Una situación similar ocurre en el caso de la Biotecnología Farmacéutica, cuyas oportunidades en el desarrollo futuro de República Dominicana deben tomarse en cuenta desde el presente, en lo que a formación de recursos humanos se refiere (Sawhney *et al*, 2022). La inclusión de habilidades en el desarrollo de negocios y mercadeo en Biotecnología, donde los países desarrollados se encuentran muy por delante de países en vías de desarrollo, como República Dominicana, sería otro de los aspectos a considerar en dicho diseño curricular, dentro de las opciones de la oferta académica. Un aspecto novedoso de la propuesta de competencias es la inclusión de las habilidades digitales, como una necesidad de la formación de postgrado en Biotecnología en el siglo XXI. Valga la pena mencionar que las habilidades digitales no están listadas en orden de prioridad (**Tabla 9.2**), sino de manera indicativa y deben ajustarse a la especialidad de la Biotecnología que se desarrolle en la tesis de disertación.

**Tabla 9.2. Propuesta de competencias y habilidades para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología, República Dominicana.**

Competencias Genéricas	Competencias Específicas	Habilidades prácticas	Habilidades digitales
Dominar habilidades para diseñar, implementar y ejecutar las actividades necesarias para la solución de problemas (CG1).	Demostrar la capacidad de desarrollar productos, técnicas y procedimientos de su especialidad y aplicarlas en un contexto particular (CE1).	Dominar la técnica de PCR ( <i>Polimerase Chain Reaction</i> ) y saber interpretar sus resultados (HP1).	Dominar y aplicar los principios y técnicas de LIMS ( <i>Laboratory Integrated Management System</i> ) (HD1).
Conocer los métodos de búsqueda de la información para la solución de problemas complejos, que constituyen un reto dentro de su campo (CG2).	Dominar y aplicar los principios y procedimientos de normas nacionales e internacionales de control y aseguramiento de la calidad en Biotecnología (CE2).	Dominar la técnica ELISA ( <i>Enzyme-Linked Immuno-Sorbent Assay</i> ) y saber interpretar sus resultados (HP2).	Dominar y aplicar el paquete de programas MS Office, con énfasis particular en MS Excel (HD2).
		Dominar la técnica de secuenciación de genes y saber interpretar sus resultados (HP3).	Elaborar y/o aplicar programas de procesamiento de datos mediante el lenguaje de programación Phyton (HD3).
Tener las habilidades de gerencia del aprendizaje y el conocimiento para desarrollar estrategias propias de su especialidad (CG3).	Demostrar las capacidades de realizar su trabajo según las Buenas Prácticas de Laboratorio y de Manufactura en la investigación y producción biotecnológicas (CE3).	Dominar la técnica de HPLC ( <i>High Performance Liquid Chromatography</i> ) y saber interpretar sus resultados (HP4).	Conocer y/o aplicar programas de procesamiento de datos mediante el lenguaje de programación C++ (HD4).
		Dominar la técnica de citometría de flujo y saber interpretar sus resultados (HP5).	
Desarrollar su trabajo de manera sustentable y tener la capacidad para brindar soluciones que contribuyan a la preservación del medio ambiente (CG4).	Demostrar la capacidad de diseñar proyectos de investigación en su especialidad, así como las técnicas y procedimientos para su ejecución experimental (CE4).	Conocer y aplicar las técnicas y tecnologías de cultivo de microorganismos, células y anticuerpos monoclonales (HP6).	Conocer y/o aplicar programas de creación y procesamiento de bases de datos mediante el lenguaje de programación SQL (HD5).
Dominar las técnicas y recursos que le permitan comunicar y presentar-defender ideas y resultados de su trabajo de investigación (CG5).	Conocer y aplicar las técnicas y modelos bioestadísticos en la evaluación de resultados de la investigación (CE5).	Conocer y aplicar las técnicas de formulación farmacéutica de productos biotecnológicos (HP7).	Conocer y aplicar el paquete de programas MatLab en su campo de especialización (HD6).
Desarrollar las capacidades para el trabajo en equipo y dominar las técnicas para la solución de problemas de comunicación dentro de su equipo de trabajo (CG6).	.	Dominar las exigencias regulatorias para el registro y comercialización de productos biotecnológicos, con énfasis en los ensayos de toxicidad (HP8).	Dominar las aplicaciones y usos del sistema operativo Lynux (HD7).

## **IX.6 Mapa Curricular para los Planes de Postgrado en Biotecnología de las IES dominicanas.**

La propuesta de mapa curricular para la implementación del Doctorado en Biotecnología en las IES dominicanas se muestra en el **Anexo 13**. Dicha propuesta parte del siguiente análisis de los resultados encontrados:

- La experiencia previa de un grupo de un grupo de 6 IES dominicanas en la implementación de Maestrías relacionadas con la Biotecnología, así como de un Doctorado en Ciencias Ambientales (**Anexos 7 al 12**).
- Los resultados de las encuestas a un grupo de 20 IES dominicanas sobre la formación en Biotecnología, tanto de grado como de postgrado (**Anexos 4 y 5**).
- La experiencia de un grupo de 10 IES dominicanas en la ejecución de 123 Proyectos de Investigación FONDOCYT en diversas áreas de la Biotecnología (**Anexo 6**)
- Los resultados de las entrevistas a un grupo de 30 expertos dominicanos en Biotecnología cuyo resultado principal fue una propuesta de competencias (genéricas y específicas) y habilidades (prácticas y digitales) para la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas (**Tabla 9.2**)
- Las experiencias en la formación de postgrado en Biotecnología de un grupo de 20 IES de diferentes áreas geográficas: América Latina y el Caribe (10 IES), Estados Unidos (5 IES) y Europa (5 IES), ubicadas en lugares destacados del Ranking Mundial de Universidades (**Tablas 8.9 a 8.11**)

Sobre esa base, se propone implementar, con carácter nacional y como parte de un Programa de Desarrollo de la Biotecnología en República Dominicana, el Doctorado Consorciado en Biotecnología con cuatro (4) menciones:

1. **Biotecnología de las Plantas**, lo cual incluye los campos de la Biotecnología Agroforestal y Biotecnología Vegetal, sobre la base de la experiencia de la UASD, ISA, IIBI y el IDIAF. Se propone la colaboración con la Universidad de Barcelona (España).
2. **Biomedicina y Biotecnología Farmacéutica**, sobre la base de la experiencia de PUCMM y el ISFODOSU, a lo cual se podrían incorporar UNPHU, UNIBE, UCE y UTESA, sobre la base de su experiencia en la formación de grado. Se propone la colaboración con el Instituto Tecnológico de California (Estados Unidos).
3. **Biotecnología Industrial y Ambiental**, sobre la base de la experiencia del INTEC, UASD y el Instituto Loyola, a lo cual se podría incorporar UNAPEC y UNIBE, sobre la base de su

experiencia en la formación de grado. Se propone la colaboración con la Universidad de Harvard (Estados Unidos).

4. **Ciencia de Datos**, sobre la base de la experiencia de la UAPA y el INTEC, así como la incorporación de otras IES dominicanas con experiencias en el campo de la Ciencia de Datos. Se propone la colaboración el Instituto Tecnológico de Massachussets (Estados Unidos).

La propuesta parte de un diseño modular, con tres módulos: básico, especializado y electivo, según la mención del doctorado, tomando en cuenta las competencias y habilidades que se deben desarrollar en el futuro Doctor en Biotecnología. Como es usual, el doctorando se debe insertar dentro de un grupo de investigación de alguna de las IES mencionadas con anterioridad, donde debe desarrollar sus actividades de investigación como parte del diseño del proyecto de tesis de doctorado, bajo la dirección de un supervisor de tesis proveniente de la IES dominicana o la IES extranjera con la cual se ha realizado el convenio de colaboración.

Todo lo anterior supone un inmenso esfuerzo de coordinación y disposición de las IES involucradas, que no será posible sin la voluntad y conducción de las autoridades de las IES, bajo el liderazgo de la institución responsable de la formación de postgrado en República Dominicana: el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT).

#### **IX.7 Infraestructura de Investigación Científica y Desarrollo para el sistema de formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.**

El éxito que se pueda alcanzar en la implementación del Doctorado Consorciado en Biotecnología en las IES dominicanas, descrito con anterioridad, dependerá, en un grado elevado, de la infraestructura de investigación científica, que permita ejecutar las actividades experimentales incluidas en los proyectos de tesis. El primer paso sería la ampliación de capacidades y modernización del equipamiento de laboratorio para acometer investigaciones en Ciencias Básicas en las instalaciones existentes en las IES dominicanas incluidas dentro de la propuesta del Doctorado Consorciado. Hasta el momento, esto se ha ido logrando, aunque de manera muy limitada, a través de los fondos para equipamiento y acondicionamiento de instalaciones de los Proyectos FONDOCYT, pero se requieren de acciones adicionales, que permitan la creación de nuevas capacidades, sobre todo en la mención de Biomedicina y Biotecnología Farmacéutica, tal como se demostró en los resultados de las entrevistas a expertos dominicanos. La creación de capacidades y la inversión en equipamiento para el análisis de proteínas y la secuenciación/edición

de genes, así como en el análisis estructural de compuestos químicos y biológicos, es vital para el fortalecimiento de la formación de recursos humanos calificados en ese campo, lo cual no puede suplirse, de por vida, con la colaboración de IES extranjeras. No menos importante, es la creación de capacidades para la producción de animales de laboratorio, que permitan desarrollar las investigaciones preclínicas y las actividades de desarrollo de productos biológicos, tales como vacunas y medicamentos originados por tecnologías de ADN recombinante.

#### **IX.8 Contribuciones Teóricas de la Tesis a las Ciencias de la Educación.**

- La contextualización del sistema de competencias y habilidades que se deben alcanzar en el sistema de formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas, lo cual se puede utilizar como marco de referencia por las IES del área latinoamericana y caribeña. Se destaca como novedad la inclusión de habilidades digitales, en el contexto de la llamada Revolución 4.0, como un nuevo paradigma del hacer científico en este campo.
- La construcción de un mapa curricular adaptativo sobre la base de tres módulos de contenidos: básico, complementario y electivo, que tiene en cuenta la necesidad de sinergias entre las IES dominicanas para la implementación de un Doctorado Consorciado en Biotecnología con cuatro menciones: Biotecnología de las Plantas, Biomedicina y Biotecnología Farmacéutica, Biotecnología Industrial y Ambiental y Ciencia de Datos.
- La propuesta de implementación de las infraestructuras necesarias para el desarrollo de investigaciones biotecnológicas en las áreas de formación antes mencionadas, como requisito necesario para la adquisición de las competencias y habilidades que se requieren la formación de Masters y Doctores en Biotecnología en República Dominicana.

#### **X. CONCLUSIONES**

1. La formación de grado en Biotecnología y áreas relacionadas, como prerrequisito para el éxito de la formación de postgrado, se lleva a cabo en quince IES dominicanas (32.6%), de las cuales tres (6.5%) lo hacen de manera directa, dos (4.3%) de manera indirecta y diez (21.7%) incluyen la asignatura “Biotecnología” en alguno de sus planes de estudio. El estado actual de la formación de grado en Biotecnología está afectado por cuatro factores, que actúan de forma sinérgica, según los resultados de la encuesta a 30 expertos dominicanos en el campo: i. la falta de incentivos para el estudio de carreras de Ciencia y Tecnología, dentro de lo cual se incluye la Biotecnología (25%); ii. la insuficiencia de docentes con el grado doctoral (Ph.D.) (22%); (iii.

no interés o previsión, tanto de las autoridades como del cuerpo docente. para incorporar carreras vinculadas a la Biotecnología dentro de la oferta académica de las IES (20%); y iv. la insuficiencia de laboratorios docentes y de investigación para realizar prácticas docentes o investigaciones en Biotecnología (19%), respectivamente. En comparación con las ofertas académicas de grado de IES extranjeras de ranking elevado, las ofertas de las IES dominicanas presentan desventajas en cuanto a diversidad y alcance, ya que solo el 3% de las IES dominicanas oferta la carrera de grado en Biotecnología.

2. Se ha alcanzado cierto nivel en las investigaciones científicas en Biotecnología en República Dominicana, como base para el desarrollo de un sistema de formación de postgrado en Biotecnología, demostrado en la ejecución de 123 proyectos de investigaciones científicas en diversos campos de la Biotecnología, financiados con fondos públicos (FONDOCYT), por parte de diez (10) IES dominicanas en el periodo 2005-2020. No obstante, esta inversión en investigación no se ha traducido en un incremento del número de docentes o investigadores con grado de Master o Doctor de una manera proporcional. Se han formado 49 Masters en Biotecnología Vegetal (ISA) o Investigación Biomédica (PUCMM) y ningún Doctor en Biotecnología en los últimos 15 años. Una situación similar ocurre con las publicaciones científicas en las revistas de alto factor de impacto en el campo de la Biotecnología, con un índice alrededor de 0.1 publicaciones/investigador.
3. La oferta académica de postgrado en Biotecnología se realiza en cuatro (4) IES dominicanas (8.7%), de las cuales solo una (INTEC) oferta un programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, que se relaciona con la Biotecnología, con una matrícula de 39 estudiantes, cuyos primeros graduados defenderán sus tesis en el 2023. De los tres programas de Maestría existentes, se han graduado 26 Masters en Biotecnología Vegetal (ISA) y 23 Masters en Investigación Biomédica (PUCMM). pero no existen aún graduados en la Maestría en Biología, mención Biotecnología y Biología Molecular (ISFODOSU). El estado actual de la formación de postgrado en Biotecnología está afectado por cuatro factores, de manera similar a la formación de grado, que actúan de forma sinérgica: i. la falta de incentivos para graduados en carreras de Ciencias y Tecnologías para escoger postgrado en Biotecnología (maestría o doctorado) como primera opción (22%); ii. la insuficiencia de docentes con el grado doctoral (Ph.D.) que puedan ejercer como directores de Tesis (20%); iii. no interés de las autoridades de las IES para incorporar ofertas académicas de postgrado en Biotecnología (18%), y iv.

insuficiencia de laboratorios de investigación, equipamiento e insumos para el desarrollo de las investigaciones científicas que deben conducir a los resultados de una tesis de maestría o doctorado (18%). En comparación con las ofertas académicas de postgrado de IES extranjeras de ranking elevado, las diferencias de las IES dominicanas es aún mucho mayor, en comparación con las diferencias que existen en las ofertas académicas de grado. Solo se ofertan dos Maestrías en Biotecnología: Vegetal (ISA) e Investigación Biomédica (PUCMM) y no existe oferta alguna de un doctorado autóctono en Biotecnología.

4. Se elaboró una propuesta de marco de referencia de competencias y habilidades que se deben alcanzar en la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas, a partir de los resultados de las entrevistas a 30 expertos dominicanos con experiencia en la disciplina, que abarcan seis (6) competencias genéricas, cinco (5) competencias específicas, ocho (8) habilidades prácticas y siete (7) habilidades digitales, comparables con los sistemas de competencias y habilidades en Biotecnología de países desarrollados, como Estados Unidos y Reino Unido. La inclusión de las habilidades prácticas y digitales constituye una de las novedades a destacar en el diseño curricular de postgrado en Biotecnología. Este resultado constituye un aporte en la contextualización para implementar los planes de formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.
5. Se elaboró una propuesta de diseño modular y mapa curricular para la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas, a partir de los resultados de las encuestas y entrevistas a treinta (30) docentes y expertos dominicanos y de las experiencias de programas de postgrado en Biotecnología de veinte (20) IES extranjeras. La propuesta consiste en un Doctorado Consorciado en Biotecnología con tres módulos: un módulo básico, un módulo de especialización y un módulo electivo para cuatro menciones, que abarcan las posibilidades de las IES dominicanas, así como las necesidades de desarrollo de República Dominicana: Mención 1: Biotecnología de las Plantas, Mención 2: Biomedicina y Biotecnología Farmacéutica, Mención 3: Biotecnología Industrial y Ambiental y Mención 4: Ciencias de Datos. Esta propuesta constituye una novedad en el diseño curricular de postgrado en Biotecnología y su implementación debe colocar a las IES dominicanas a un nivel similar al de IES extranjeras de reconocido prestigio en un futuro cercano.

## **XI. PUBLICACIONES CIENTÍFICAS RELACIONADAS CON LA TESIS**

1. Solís Ramírez, O. (2022). Enseñanza de la Biotecnología, *Fermentum*, 32(93): 297-329.
2. Solís Ramírez, O. (2022). Caracterización de la Enseñanza de la Biotecnología a Nivel Posgradual en República Dominicana. *Fermentum*, 32(95): 596-617.
3. Solís Ramírez, O., Núñez Sellés, A.J. (2023). El Capital Humano en Biotecnología: Una Necesidad de Desarrollo de República Dominicana. *Ciencia y Educación INTEC*, 7(1): 41-56.
4. Solís Ramírez, O., Núñez Sellés, A.J. (2023). El Diseño Curricular de Postgrado en Biotecnología, República Dominicana. *Ciencia y Educación INTEC*, (En proceso de revisión).

## **XII. PRESENTACIONES EN EVENTOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON LA TESIS**

1. Solís Ramírez, O.S., Beracoechea Frineda, B. Biotecnología en las Universidades Dominicanas. I Congreso de Investigación Científico Tecnológico del Caribe (Presentación Oral en Panel). UTECO, Cotui, 25-26 febrero, 2021.
2. Solís Ramírez, O., Núñez Sellés, A.J. El diseño curricular para la formación de postgrado en Biotecnología en las Universidades dominicanas (Presentación Oral 617717). XVII Congreso Internacional de Investigación Científica, MESCyT, Santiago de los Caballeros, 6-9 junio, 2023.
3. Solís Ramírez, O., Núñez Sellés, A.J. (2023). Competencias y habilidades para el diseño curricular en el sistema de postgrado en Biotecnología, República Dominicana (Presentación Oral 612870). XVII Congreso Internacional de Investigación Científica, MESCyT, Santiago de los Caballeros, 6-9 junio, 2023.

### XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abreu, L., Cruz, V., & Martos, F. (2014). Evaluación de Programas de Postgrado. Guía de autoevaluación. 6ta edición. Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrados. Salamanca.
- Aguirre Vélez, J., Castrillón Hernández, F., & Arango-Alzate, B. (2019). Tendencias emergentes de los postgrados en el Mundo. *Revista Espacios*, 40(31), 9-25. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n31>.
- Allan, L., Kistler, J., Lowe, C., Dunn, W., McGowan, C., & Whitcher, G. (2009). Bioscience enterprise: Postgraduate education at Cambridge and Auckland. *Journal of Commercial Biotechnology*, 15(3), 257-271. <https://doi.org/10.1057/jcb.2008.54>.
- Amer, B., & Baidoo, E. E. (2021). Omics-driven biotechnology for industrial applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 613307. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.613307>.
- Annan-Diab, F., & Molinari, C. (2017). Interdisciplinarity: Practical approach to advancing education for sustainability and for the Sustainable Development Goals. *The International Journal of Management Education*, 15(2), 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.03.006>.
- Artico, F., Edge III, A. L., & Langham, K. (2022). The future of artificial intelligence for the BioTech big data landscape. *Current Opinion in Biotechnology*, 76, 102714. [doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102714](https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102714).
- Atkinson, J., Crowley, P., De Paepe, K., Gennery, B., Koster, A., Martini, L., Moffat, V., Nicholson, J., Pauwels, G., Ronsisvalle, G., Sousa, V., Van Schravendijk, C., & Wilson, K. (2015). A European competence framework for industrial pharmacy practice in biotechnology. *Pharmacy*, 3(3), 101-128. <https://doi.org/10.3390/pharmacy3030101>.
- AUIP (2010). Pautas y lineamientos generales para la evaluación externa de programas de postgrado y doctorado en el marco de los premios AUIP. [http://www.auiip.org/images/stories/DATOS/PDF/2011/PautasEvaluacionExterna\\_AUIP.Pdf](http://www.auiip.org/images/stories/DATOS/PDF/2011/PautasEvaluacionExterna_AUIP.Pdf)
- Barnacle, R. (2005). Research education ontologies: Exploring doctoral becoming. *Higher Education Research and Development* 24/2: 179-88. <https://doi.org/10.1080/07294360500062995>.

- Barragán-Ocaña, A., Silva-Borjas, P., Olmos-Peña, S., & Polanco-Olguín, M. (2020). Biotechnology and bioprocesses: Their contribution to sustainability. *Processes*, 8(4), 436. <https://doi.org/10.3390/pr8040436>.
- Baxevanis, A. D., Bader, G. D., & Wishart, D. S. (Eds.). (2020). *Bioinformatics. A Practical Guide to the Analysis of Genes and Proteins*. 2<sup>nd</sup> Ed, John Wiley & Sons.
- Beadle, G. W., & Tatum, E. L. (1941). Genetic control of developmental reactions. *The American Naturalist*, 75(757), 107-116.
- Bernache Pérez, G. (2006). Encuentro. Los Retos del Posgrado en la Educación. Dirección de Posgrado e Investigación Educativa. Secretaría de Educación Jalisco. [https://portalsej.jalisco.gob.mx/posgrado/sites/portalsej.jalisco.gob.mx/posgrado/files/pdf/panel\\_posgrados\\_retos\\_bernache.pdf](https://portalsej.jalisco.gob.mx/posgrado/sites/portalsej.jalisco.gob.mx/posgrado/files/pdf/panel_posgrados_retos_bernache.pdf)
- Bernal, C. I. (2007). Diseño curricular basado en competencias profesionales: una propuesta desde la psicología interconductual. *Revista de Educación y Desarrollo*, 6(2), 45-54. [https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu\\_desarrollo/ anteriores 6/006\\_Bernal.pdf](https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/ anteriores 6/006_Bernal.pdf)
- Betts, M., & Smith, R. (Eds.) (2005). *Developing the credit-based modular curriculum in higher education: challenge, choice and change*. Routledge.
- Beylis, G., Fattal Jaef, R., Morris, M., Rekha Sebastian, A. y Sinha, R. (2020). Efecto viral: COVID-19 y la transformación acelerada del empleo en América Latina y el Caribe. Estudios del Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe. Washington, DC: Banco Mundial. doi:10.1596/978-1-4648-1638-3.
- Bolívar, A. (2010). *Competencias básicas y currículo*. Madrid: Síntesis. <http://agrega.educacion.es/repositorio/12042015/58/es>.
- Bunk, G. P. (1994). La transmisión de competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA. *Revista Europea de Formación Profesional*. 1, 8-14. [http:// Dialnet-LaTransmisionDeLasCompetencias EnLaFormacionYPerfec-131116%20\(4\).pdf](http:// Dialnet-LaTransmisionDeLasCompetencias EnLaFormacionYPerfec-131116%20(4).pdf).
- Casanova, M. A. (2012). El diseño curricular como factor de calidad educativa. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 10(4), 6-20. (12.12.2022). <https://www.redalyc.org/ articulo.oa?id=55124841002>.
- Clarivate Analytics, *Round University Rankings*, <https://roundranking.com/ ranking/world-university-rankings.html#world-2022>.
- Clark, D. P., & Pazdernik, N. (Eds) (2015). *Biotechnology*. Elsevier.

- Cardona, V. C. (2014). Tendencias del postgrado en Iberoamérica. *Ciencia y sociedad*, 39(4), 641-663. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7410273>.
- Confraria, H., & Vargas, F. (2019). Scientific Systems in Latin America: Performance, networks and collaboration with industry. *Journal of Technological Transference*, 44(3): 874-915. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9631-7>.
- Cruz Rodríguez, E. D. C. (2019). Importancia del manejo de competencias tecnológicas en las prácticas docentes de la Universidad Nacional Experimental de la Seguridad (UNES). *Revista Educación*, 43(1), 196-218. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43/1.27120>.
- CUJAE (2021). Listado de Doctorados. <https://cujae.edu.cu/estudios/listado-de-doctorados/>.
- Delebecque, C. J., & Philp, J. (2019). Education and training for industrial biotechnology and engineering biology. *Engineering Biology*, 3(1), 6-11.
- del Rosario, R.S.M., & Rene, D.P. (2017). Eco-innovation and organizational culture in the hotel industry. *International Journal of Hospitality Management*, 65: 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.06.001>.
- De Polanco, M. M. E. (2006). Cincuenta y tres años del descubrimiento de la estructura de la molécula de ADN: Homenaje a James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins y Rosalind Franklin. *Tumbaga*, 1(1), 21-42.
- Devece, C. (2013). The value of business managers "Information Technology" competence. *The Service Industries Journal*, 33(7-8), 720-733. <https://doi.org/10.1080/02642069.2013.740463>.
- Díaz-Nido, J., & del Peso, L. (2010). The new postgraduate studies in molecular biosciences and biotechnology at the "Universidad Autónoma de Madrid". En *ICERI2010 Proceedings*, pp. 757-766, IATED.
- Domínguez, A. (2000). Programas académicos de posgrado. <http://www.slideshare.net/Alexdfar/programas-academicos-de-posgrado>.
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096. <https://doi.org/10.1126/science.1258096>.
- Espinel-Barrero, N. E., & Valbuena-Ussa, É. O. (2018). Aproximação ao status epistemológico da biotecnologia: implicações didáticas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (43), 193-206.

- Evens, R. P. (2022). Biotechnology—A Continual Revolution in Product Development and Healthcare—1st 20 Years versus 2nd 20 Years and Beyond. *Medical Research Archives*, 10(4). <https://doi.org/10.18103/mra.v10i4.2719>.
- Fari, M., & Kralovanszky, U. P. (2006). The founding father of Biotechnology: Karoly (Karl) Ereky. *International Journal of Horticultural Science*, 12(1): 9-12. <https://doi.org/10.31421/IJHS/12/1/615>
- Food and Drug Administration (1994). First biotech tomato marketed. FDA Consumer September 1994. US Food and Drug Administration (FDA), Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN).
- FONDOCYT (s.f.). <https://mescyt.gob.do/programas/fondocyt/>.
- Fossey, A. (2012). Conceptualising postgraduate training in biotechnology at universities of technology. *South African Journal of Higher Education*, 26(2), 358-371. <https://hdl.handle.net/10520/EJC123983>.
- Gaard, G., Blades, J., & Wright, M. (2017). Assessing sustainability curriculum: From transmissive to transformative approaches. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(7), 1263-1278. <https://doi.org/10.1108/ijshe-11-2015-0186>.
- Gairín, J., Barrera-Corominas, A., Castro Ceacero, D., Olmos Rueda, P., Marbà Tallada, A., & Tienda Martagón, D. (2020). Comprehensive map of completed and ongoing programmes addressing curricula in the bio-based sector. Project “*UrBIOfuture - Boosting future careers, education and research activities in the European biobased industry*” (Ref. 837811 - H2020-BBI-JTI-2018). <https://ddd.uab.cat/record/216850>.
- Gallup, O., Ming, H., & Ellis, T. (2021). Ten future challenges for synthetic biology. *Engineering Biology*, 5(3), 51-59. <https://doi.org/10.1049/enb2.12011>
- Gillies, D. (2011). State education as high-yield investment: Human capital theory in European policy discourse. *Journal of Pedagogy/Pedagogický časopis*, 2(2). <https://ray.yorksj.ac.uk/id/eprint/482/>.
- Goh, W. W. B., & Sze, C. C. (2019). AI paradigms for teaching biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 37(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.09.009>.
- Gómez Ramírez, P. F., Inchaustegui, S. J., & Rodríguez Peña, C.M. (2019). *Apuntes sobre Ciencia e Investigación Científica en República Dominicana: Génesis y Evolución del Fondo*

*Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT) 1998-2018.*  
Santo Domingo, MESCYT. ISBN 978-9945-9201-1-6.

- Grant, J. (2018). Principles of curriculum design. En Kirsty, F., & O'Brien, B. C. (Eds) *Understanding Medical Education: Evidence, theory, and practice*, 3<sup>rd</sup> Ed., Wiley, New York Ch. 5, p. 71-88. <https://doi.org/10.1002/9781119373780.ch5>.
- Grant, K., Hackney, R., & Edgar, D. (2014). Postgraduate research supervision: An 'agreed' conceptual view of good practice through derived metaphors. *International Journal of Doctoral Studies*, 9, 43-60. <https://hdl.handle.net/1893/28921>.
- Grootings, P. (1994). De la calificación a la competencia ¿De qué se habla?, *Revista Europea de Formación Profesional*, 1, 5-7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4178252>.
- Gurkan, G., & Kahraman, S. (2022). Trends of postgraduate theses conducted in the field of science education in biotechnological concepts in Turkey for the last 20 years: A content analysis. *Burtin UNIVERSITY Journal of Faculty of Education*, 11(2): 307-327. <https://doi.org/10.14686/buefad.938293>.
- Gutiérrez, H. C. (2021). *Los Elementos de Investigación*. Magisterio. (e-book)
- Holden, L., & Biddle, J. (2017). The Introduction of Human Capital Theory into Education Policy in the United States. *History of Political Economy*, 49(4): 537–574. <https://doi.org/10.1215/00182702-4296305>.
- Huisman, J., & Naidoo, R. (2006). The professional doctorate: from Anglo-Saxon to European challenges. *Higher Education Management and Policy*, 18(2), 1-13. <https://doi.org/10.1787/17269822>.
- INTEC (2015). Licenciatura en Biotecnología. <https://www.intec.edu.do/downloads/documents/programas-academicos/locales/grado/pensum-lincenciatura-biotecnologia.pdf>.
- Jäger, R., & Weiher, H. (2020). Polymerase chain reaction. *An Introduction to Molecular Biotechnology: Fundamentals, Methods and Applications*. Wiley & Sons.
- Ìrigoín, M. E., & Vargas, F. (2002), Competencia Laboral. Manual de Conceptos, Métodos y Aplicaciones en el Sector Salud, Montevideo, CINTERFOR/ILO. <https://www.oitcinterfor.org/>
- Jain, A. (2013). Learning by doing and the locus of innovative capability in biotechnology research. *Organization Science*, 24(6), 1683-1700. <https://doi.org/10.1287/orsc.2013.0821>.

- Jaúregui Haza, U. J. (2023). Comunicación personal. Coordinador, Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, INTEC.
- Kompf, M., & Denicolo, P. M. (Eds.) (2013) *Critical Issues in the Future of Teaching and Learning*, Vol. 8, Sense Publishers.
- Krauskopf, M. (2003). Indicadores Cuantitativos de los Doctorados Conferidos en el País ¿Falta de atención o expresión de subdesarrollo? *Calidad en la Educación*, 18, 47-59. <https://doi.org/10.31619/caledu.n18.385>.
- Kucharčíková, A. (2011). Human capital–definitions and approaches. *Human Resources Management & Ergonomics*, 5(2), 60-70. <https://frcatel.fri.uniza.sk/hrme/files/>
- Lange, S., & Wagner, M. (2021). The influence of exploratory versus exploitative acquisitions on innovation output in the biotechnology industry. *Small Business Economics*, 56(2): 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00194-1>.
- Larraín, A. M., & González, L. E. (2003). *Formación Universitaria por Competencias*. <https://www.ugcarmen.edu.co/documentos/cinda/alarrain.pdf>.
- Lavrynenko, A., Shmatko, N., & Meissner, D. (2018). Managing skills for open innovation: the case of biotechnology. *Management Decision*. <https://doi.org/10.1108/MD-04-2017-0301>.
- Leite, C., Monteiro, A., Barros, R., & Ferreira, N. (2022). Curricular Practices Towards Sustainability and a Transformative Pedagogy. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 20(4), 107-125. <https://doi.org/10.15366/reice2022.20.4.006>.
- León-de la O, D. I., Thorsteinsdóttir, H., & Calderón-Salinas, J. V. (2018). The rise of health biotechnology research in Latin America: A scientometric analysis of health biotechnology production and impact in Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Cuba and Mexico. *PloSone*, 13(2), e0191267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191267>.
- Lindemann, H. J. (2000). Competencias fundamentales, Competencias transversales, Competencias clave. *Aportes teóricos para la reforma de la formación técnico-profesional*. *INET/GTZ*. <https://biblioteca.marco.edu.mx/files/>
- Liu, X. Y., Wang, X., Jia, S., Li, T., Zhang, Y., Lu, C., Wen, H., Jin, H., Hui, Z., Qing, D., Hou, C., Liu, Y., Li, D., & Wang, Y. F. (2021). LEPPA: A teaching modality of biotechnology course for postgraduate students in biomedical majors. *Innovations in Education and Teaching International*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/14703297.2021.1997783>.

- López Romero, M. A. (2002). Los estudios de postgrado en el mundo. *Revista de Enseñanza Universitaria*, 20: 65-74. <http://hdl.handle.net/11162/21895>.
- Macilwain, C. (2000). World leaders heap praise on human genome landmark. *Nature*, 405(6790), 983-985.
- Marginson, S. (2019). Limitations of human capital theory. *Studies in Higher Education*, 44(2), 287-301. <https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1359823>.
- Martínez Bonafé, J., & Rogero Anaya, J. (2021). The context and educational innovation. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4), 71-81. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.004>.
- Martínez, S., Corona, B., Uffo, O., Ramírez, R., & Dickson, L. (2014). Programa de Doctorado Curricular Cuba-Venezuela en Biotecnología Agrícola, Mención Animal: resultados e impactos. *Revista de Salud Animal*, 36(2), 136-137.
- Massabni, A. C., & da Silva, G. J. (2019). Biotechnology and Industry 4.0: The professionals of the future. *International Journal of Advanced Medical Biotechnology*, 2(2), 45-53. <https://doi.org/10.25061/2595-3931/IJAMB/2019.v2i2.39>.
- McCallin, A., & Nayar, S. (2012). Postgraduate research supervision: A critical review of current practice. *Teaching in Higher Education*, 17(1), 63-74. <https://doi.org/10.1080/13562517.2011.590979>.
- Membrillo-Hernández, J., Muñoz-Soto, R. B., Rodríguez-Sánchez, Á. C., Díaz-Quiñonez, J. A., Villegas, P. V., Castillo-Reyna, J., & Ramírez-Medrano, A. (2019). Student engagement outside the classroom: analysis of a challenge-based learning strategy in biotechnology engineering. En *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 617-621). IEEE.
- MESCyT (2009). Reglamento de Postgrado de las Instituciones de Educación Superior. República Dominicana. <https://mescyt.gob.do/transparencia/wp-content/uploads/2017/10/Reglamento-de-Postgrado-1.pdf>
- MESCyT (2021), Dirección de Estadísticas. <https://mescyt.gob.do/transparencia/estadisticas-institucionales/>
- Meyers, A. D., & Hurley, P. (2008). Bioentrepreneurship education programmes in the United States. *Journal of Commercial Biotechnology* 14: 2-12. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jcb.3050078>.

- MEYPD (2012). Ley 1-12, Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, República Dominicana. 26 de enero de 2012. G. O. No. 10656. <https://biblioteca.enj.org/bitstream/handle/>
- Michel, J. O., Holland, L., Ostrow, J., Brunnquell, C., & Sterling, S. (2020). The ideal outcome of education for sustainability: Transformative sustainability learning. *New Directions for Teaching and Learning*, *161*, 177-188. <https://doi.org/10.1002/tl.20380>.
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., & Filippi, S. (2017). How will change the future engineers' skills in the industry 4.0 framework? A questionnaire survey, *Procedia Manufacturing*, *11*: 1501-1509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>.
- Moyer, J. M., & Sinclair, A. J. (2020). Learning for Sustainability: Considering Pathways to Transformation. *Adult Education Quarterly*, *70*(4), 340–359. <https://doi.org/10.1177/0741713620912219>.
- Mulder, N. J., Christoffels, A., De Oliveira, T., Gamielien, J., Hazelhurst, S., Joubert, F., Kumuthini, J., Pillay, C. S., Snoep, J. L., & Tiffin, N. (2016). The development of computational biology in South Africa: Successes achieved and lessons learnt. *PLoS Computational Biology*, *12*(2), e1004395. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004395>.
- Mujica-Sequera, R. M. (2016). Aplicación en el contexto Educativo (FODA). *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, *4*(1), 3-7. <https://doi.org/10.37843/rted.v4i1.54>.
- Muller, F. (2020). The gene editing revolution: CRISPR-Cas9 and the future of the human race. New York: Basic Books.
- Muñiz de Pádua, V. L., Uziel, D., Folly, E., Reinert, F., Stephens, P. R. S., Queiroz, R. A., Silva Gomes, C. V., Paes, M., Alves Baptista, T., Salerno, A. P. & Cavalcanti, A. M. (2018). Human resources in biotechnology: Institutions, training and employment market in the state of Rio de Janeiro. *Sinergia* (São Paulo), *19*(2): 126-134. [29.11.2022]. <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/303>.
- Muñoz, G.A. (2014). Elementos Teóricos sobre calidad en postgrado. Centro de Investigación en Educación de calidad CEINEDUCA, Venezuela. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Elementos-Te%C3%B3ricos-SobreCalidad-En-Postgrado/55457258.html>.
- Muñoz-Miranda, L. A., Higuera-Ciapara, I., Gschaedler-Mathis, A. C., Rodríguez-Zapata, L. C., Pereira-Santana, A., & Figueroa-Yáñez, L. J. (2019). Breve Descripción de la Biología Sintética y la Importancia de su Relación con otras Disciplinas. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, *40*(1). <https://doi.org/10.17488/RMIB.40.1.9>.

- Navio Gómez, A. (2001). Las competencias del formador de formación continua. *Análisis desde los programas de formación de formadores*. (Trabajo para optar por el título de doctor en Ciencias Pedagógicas). Universidad Autónoma de Barcelona. <https://ddd.uab.cat/pub/tesis>.
- Nemeth, J. (2017). Human capital theory in the framework of organization theory. *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 23(3): 29-35. <https://www.smjournal.rs/index.php/home/article/view/133>.
- Neumann, R. (2002). Diversity, doctoral education and policy. *Higher Education Research and Development* 21/2: 167-78. <https://doi.org/10.1080/07294360220144088>.
- Nielsen, J. A. (2012). Science in Discussion: An analysis of the use of science content in socio-scientific discussions. *Science Education*, 96(3): 428-456. <https://doi.org/10.1002/sce.21001>.
- Nordqvist, O., & Aronsson, H. (2019). It is time for a new direction in biotechnology education research. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(2), 189-200. <https://doi.org/10.1002/bmb.21214>.
- Núñez Sellés, A. J. (2012). El diseño de proyectos de investigación-desarrollo de productos para la salud. Editorial UNEV, Santo Domingo, República Dominicana. ISBN 978-9945-8813-4-9.
- Núñez Sellés, A. J. (2022). La investigación científica en las universidades de RD: Instrumento para la evaluación de calidad de la educación superior. *País Dominicano Temático*, 15: 42-47. <https://paisdominicanotematico.com>.
- Oeschger, F. M., & Jenal, U. (2018). Addressing the misuse potential of life science research—perspectives from a bottom-up initiative in Switzerland. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6, 38. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00038>.
- OEI (2022). Informe Diagnóstico sobre la educación superior y la ciencia post COVID-19 en Iberoamérica. Perspectivas y desafíos de futuro. <https://oei.int/oficinas/secretaria-general/publicaciones/informe-diagnostico-sobre-la-educacion-superior-y-la-ciencia-post-covid-19-en-iberoamerica-perspectivas-y-desafios-de-futuro-2022>.
- OMPI (2021). <https://www.wipo.int/portal/es/>

- Orozco-Ugarriza, M. E. (2019). Reflexiones sobre la Biotecnología en Colombia. *RIADS: Revistas de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 4(1): 7-8. <https://revistas.sena.edu.co>.
- Osmer, P. (2012). En Munita Jordán, & Reyes Brito (Eds.) (2012). *El Sistema de Postgrado en Chile: Evolución y Proyecciones para las Universidades del Consejo de Rectores*. Editorial Universidad, Valparaíso.
- Palomo López, R., Ruiz Palmero, J., & Sánchez Rodríguez, J. (2006). *Las TIC como agentes de innovación educativa*. Sevilla: Dirección General de Innovación Educativa y Formación del Profesorado. <https://redined.educacion.gob.es/>
- Pevzner, P., & Shamir R. (2009). Computing has changed biology—biology education must catch up. *Science*, 325: 541–2. <https://doi.org/10.1126/science.1173876>.
- Prochaska, L., & Schiller, D. (2021). An evolutionary perspective on the emergence and implementation of mission-oriented innovation policy: the example of the change of the leitmotif from biotechnology to bioeconomy. *Review of Evolutionary Political Economy*, 2(1), 141-249. <https://doi.org/10.1007/s43253-021-00033-8/>
- Pubule, J., Blumberga, A., Rozakis, S., Vecina, A., Kalnbalkite, A., & Blumberga, D. (2020). Education for advancing the implementation of the bioeconomy goals: An analysis of MASTER study programmes in bioeconomy. *Environmental and Climate Technologies*, 24(2), 149-159. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0062>.
- Radu, N., Chirvase, A. A., Babeanu, N., & Popa, O. (2015). Educational management in the field of life sciences-key competences needed to start and develop the innovative SME's. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 15(2), 297-300. <https://www.researchgate.net/profile/Chirvase-Ana/publication/305692369>.
- Raposo, V.L. (2019). The first Chinese edited babies: a leap of faith in science. *JBRA Assisted Reproduction*, 23(3): 197–199. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20190042>.
- Reynolds, R., Notari, M., & Tavares, N. J. (2017). Twenty-first century skills and global education roadmaps. En S. Chu, R. Reynolds, N. Tavares, M. Notari, C. Lee (Eds.), *21st century skills development through inquiry-based learning: From theory to practice* (pp. 17-32). Springer Science.

- RICYT (2022). Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2022). *Indicadores (2022)*.  
<http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in ESD. En A. Leicht, J. Heiss, & W. J. Byun (Eds.). *Issues and trends in education for sustainable development* (pp. 39-59). UNESCO. <https://www.sustainabilityexchange.ac.uk/files/>
- Rosa, T., & Malacarne, V. (2016). A study about curricular environmentalization on pedagogy course of State University of West Paraná. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 14(3), 95-107. <https://doi.org/10.15366/reice2016.14.3.005>.
- Sabirova, F., Vinogradova, M., Isaeva, A., Litvinova, T., & Kudinov, S. (2020). Professional Competences in STEM Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(14), 179-193. <https://www.learntechlib.org/p/217591>.
- Sahl, J. W., Pearson, T., Okinaka, R., Schupp, J.M., Gillece, J. D., Heaton, H. Birdsell, D., Hepp, C., Fofanov, V., Nosedá, R., Fasanella, A., Hoffmaster, A., Wagner, D. M., & Keima, P. (2016). A *Bacillus anthracis* genome sequence from the Sverdlovsk 1979 autopsy specimens. *MBio* 7(5): e01501-16.
- Saint George, E. (2006). Positioning higher education for the knowledge-based economy. *Higher Education* 52/4: 589-610. <https://doi.org/10.1007/s10734-005-0955-0>.
- Sawhney, A., Imran, M., Zulfiqar, S., & Tauseef, M. (2022). Careers and Opportunities in Medical Biotechnology. En Anwar, M., Ahmad Rather, R., Farooq, Z. (Eds) *Fundamentals and Advances in Medical Biotechnology*. Springer, Cham. Pp. 429-443. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98554-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98554-7_15).
- SEESCYT. (2008). Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (2008). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2018: Construyendo la economía del conocimiento y la innovación en la República Dominicana*. Editora Alfa y Omega. <https://www.intec.edu.do/downloads/documents/institucionales/planes/plan-estregico-seescyt-web.pdf>.
- Schultz, T. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 51/1: 1–17. <https://links.jstor.org/sici>

- Schulz, E., Chowdhury, S., & Van De Voort, D. (2013). Firm productivity moderated link between human capital and compensation: the significance of task-specific human capital. *Human Resource Management, 52*(3): 423- 439. <https://doi.org/10.1002/hrm.21537>.
- Shet, A., Basavaraj Hungund, D. Y., Gururaj Tennalli, L., & Sharanappa Achappa, S. D. (2017). Theme-based Minor Project Implementation for Basic Skill Enhancement in Biotechnology. *Journal of Engineering Education Transformations, 30*(4). eISSN 2394-1707. <https://www.researchgate.net/profile/Sharanappa-Achappa/publication/318054378>.
- Shmatko, N., Gokhberg, L., & Meissner, D. (2020). Skill-Sets for Prospective Careers of Highly Qualified Labor. En Zimmermann, K. (Ed) *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319573656\\_20-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319573656_20-1).
- Smith, D. R. (2015). Broadening the definition of a bioinformatician. *Frontiers in Genetics, 6*: 258. <https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00258>.
- Sterling, S., Dawson J., & Warwick P. (2018). Transforming sustainability education at the creative edge of the mainstream: A case study of Schumacher College. *Journal of Transformative Education, 16*(4), 323-343. <https://doi.org/10.1177/1541344618784375>.
- Suthiporn, P., Suttisuwan, R., Intaraphan, T., Noisuwan, P., Nuclear, P., Srikhumsuk, P., & Chinsamran, K. (2016). Development of Curriculum and Professional Competency in Biotechnology. *UTK Journal (India), 10*(1), 34-38. <https://journal.rmutk.ac.th/>
- Tan, E. (2014). Human capital theory: A holistic criticism. *Review of Educational Research, 84*(3), 411-445. <https://doi.org/10.3102/003465431453269>.
- Thieman, W. J. (2009). *Introduction to biotechnology*. Pearson Education India.
- Treanor, L., Noke, H., Marlow, S., & Mosey, S. (2021). Developing entrepreneurial competences in biotechnology early career researchers to support long-term entrepreneurial career outcomes. *Technological Forecasting and Social Change, 164*, 120031. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120031/>
- Trump, B. D., Florin, M. V., Perkins, E., & Linkov, I. (2021). Emerging Threats of Synthetic Biology and Biotechnology: Addressing Security and Resilience Issues. Proceedings NATO Advanced Research Workshop on Security and Resilience Addressing Emerging Synthetic Biology and Biotechnology Threats Lausanne, Switzerland, 7–10 July 2019. Springer

- Universidad de Cambridge (2022). Cursos de Postgrado. <https://www.postgraduate.study.cam.ac.uk/courses?ucam-ref=homepage-signpost>.
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: Managing the digital transformation*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>.
- Utomo, A. P., Hasanah, L., Hariyadi, S., Narulita, E., & Umamah, N. (2020). The Effectiveness of STEAM-Based Biotechnology Module Equipped with Flash Animation for Biology Learning in High School. *International Journal of Instruction*, 13(2), 463-476.
- Van der Merwe, A. (2010). Does human capital theory account for individual higher education choice? *International Business & Economics Research Journal (IBER)*, 9(6). <https://doi.org/10.19030/iber.v9i6.587>.
- Van Koller, J. F. (2010). The Higher Education Qualifications Framework: A review of its implications for curricula. *South African Journal of Higher Education*, 24(1), 157-174. <https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/EJC37585>.
- Vargas Leyva, M. R. (2008). *Diseño Curricular por Competencias*. ANFEi, México.
- Vincent, A. T., & Charette, S. J. (2015). Who qualifies to be a bioinformatician? *Frontiers in Genetics*, 6: 164. <https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00164>.
- Welch L, Lewitter F, Schwartz R, Brooksbank, C., Radivojac, P., Gaeta, B., & Schneider, M. V. (2014). Bioinformatics curriculum guidelines: toward a definition of core competencies. *PLoS Computational Biology*, 10: e1003496. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003496>.
- Wilmot, I. (2003). Dolly-Her life and legacy. *Cloning and Stem Cells*, 5(2), 99-100. [doi.org/10.1089/153623003322234687](https://doi.org/10.1089/153623003322234687).
- World Economic Forum. (2022). The future of jobs employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf).
- World Health Organization. (2017). *Human resources for medical devices, the role of biomedical engineers*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255261/9789241565479-eng.pdf>.
- Yudkevich, M., Altbach, P. G., & de Wit, H. (Eds.). (2020). *Trends and issues in doctoral education: A global perspective*. SAGE Publishing India.
- Zabalza, M. A. (2004). *Guía para la planificación didáctica de la docencia universitaria en el marco del EEES*, Universidad de Santiago de Compostela. <https://www.udc.gal/grupos/apumefyr>.

Zaragoza Domenech, C., & Fernández Novell, J. M. (2021). La enseñanza de las ciencias en la educación no formal a todos los niveles. In *Proceedings INNODOCT/20. International Conference on Innovation, Documentation and Education* (pp. 277-286). Editorial Universitat Politècnica de València.

Zbucnea, A., Pînzaru, F., Busu, M., Stan, S. O., & Bârgăoanu, A. (2019). Sustainable knowledge management and its impact on the performances of biotechnology organizations. *Sustainability*, *11*(2), 359. <https://doi.org/10.3390/su11020359>.

**XIV. ANEXOS.**

**Anexo 1. Encuesta a Profesores, Investigadores y funcionarios de Instituciones de Educación Superior de República Dominicana**

**Diagnóstico y Evaluación de los Programas de Grado y Postgrado en Biotecnología de Instituciones de Educación Superior Dominicanas**

UNIVERSIDAD: \_\_\_\_\_

CARGO QUE OCUPA: \_\_\_\_\_ TIEMPO: \_\_\_\_\_ AÑOS

TITULO UNIVERSITARIO: \_\_\_\_\_ MASTER  PhD

EXPER. DOCENTE: \_\_\_\_ AÑOS. EXPER. INVESTIGACION: \_\_\_\_ AÑOS.

**Estimado colaborador:**

La presente encuesta forma parte de las actividades para alcanzar el grado de Doctor en Ciencias de la Educación de quien suscribe, por lo que su contribución será muy importante para poder alcanzar este objetivo. El propósito es realizar un levantamiento de las diferentes actividades de formación de licenciados y/o ingenieros en Biotecnología o áreas relacionadas, así como de las actividades de postgrado (especialidad, master o doctorado) en las especialidades de Biotecnología Farmacéutica, Biotecnología Vegetal y Biomedicina.

La encuesta va dirigida a los Coordinadores de Carreras de Ciencias Biológicas e Ingenierías, Directores de Postgrado, Directores de Investigación y docentes-investigadores en general relacionados, de forma directa o indirecta, con la formación de recursos humanos en el área de la Biotecnología. Se pide a los encuestados aportar sus datos profesionales solo con el propósito de conocer la base de partida para valorar las respuestas, pero serán manejados de forma confidencial y en ningún momento se dará a conocer el nombre o cargo del encuestado. El objetivo final de la Tesis de Doctorado es hacer un diagnóstico y evaluación de la formación de recursos humanos en Biotecnología, tanto de grado como de postgrado, para realizar la propuesta a las autoridades del país de un Programa de Formación de Recursos Humanos en Biotecnología, que permita contar con una masa crítica de profesionales formados para encarar el desarrollo tecnológico de la Biotecnología en República Dominicana.

Le agradezco de antemano su tiempo y atención a esta solicitud con mis altos sentimientos de estima.

Atentamente,

Lic. Omar Solís

Doctorante en Ciencias de la Educación  
Universidad Abierta para Adultos (UAPA)  
Email: omar.ssolis@gmail.com

### CUESTIONARIO

La encuesta consta de 20 preguntas que se contestan mediante una (X) en el cuadro que corresponda. Las primeras 10 preguntas se relacionan con la docencia de grado y las siguientes 10 preguntas con la docencia de postgrado. Se le pide que haga una valoración cuantitativa en una escala del cero (0) a (4), según los criterios siguientes, según la que más se adapte a la situación actual de la institución en la que Ud. se desempeña:

- 0 No existe o existe pero no se realiza
- 1 Existe, pero no funciona de manera sistemática
- 2 Existe y funciona de manera sistemática
- 3 Existe y funciona con una mejora continua de la calidad
- 4 Es un ejemplo para el sector de la Biotecnología en República Dominicana

#### DOCENCIA DE GRADO

<b>1</b>	<b>¿La institución cuenta con una o más carreras de grado en Biotecnología?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>En caso afirmativo, diga cuál:</b>										
<b>2</b>	<b>¿La asignatura de Biotecnología o de alguna especialidad de la Biotecnología aparece en el pensum de alguna carrera de grado de la institución?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>En caso afirmativo, diga cuál:</b>										
<b>3</b>	<b>¿Se incluyen uno o más capítulos acerca de alguna rama de la Biotecnología en los programas de Biología o asignaturas relacionadas con la Biología?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>4</b>	<b>¿Se cuenta con alguna infraestructura de laboratorios docentes de Biología?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>5</b>	<b>¿Se cuenta con alguna infraestructura de laboratorios de investigación para prácticas docentes en Biotecnología?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>6</b>	<b>En caso de no contar con carrera de grado en Biotecnología, ¿se tiene previsto incorporar dicha carrera a las ofertas futuras de la institución?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>7</b>	<b>¿La institución cuenta con los docentes con grado de Master o Doctor en Ciencias (PhD) en áreas de la Biotecnología para impartir la carrera de grado de Biotecnología?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>En caso afirmativo, diga cuántos:</b>										
<b>8</b>	<b>¿Existe la percepción entre los docentes-investigadores de la institución de la necesidad de incorporar la carrera de grado de Biotecnología a su cartera de oferta académica?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>9</b>	<b>¿Considera Ud. que existen los incentivos (sociales, económicos o profesionales) para que una parte de la población estudiantil elija la carrera de grado de Biotecnología como su primera opción?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>10</b>	<b>¿Cómo valora Ud. la disposición de su institución para incorporar la carrera de grado de Biotecnología dentro de su oferta académica?</b>									
	<b>0</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	

**DOCENCIA DE POSTGRADO**

11	¿La institución cuenta con algún programa de Especialidad en Biotecnología?									
	0		1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuál:										
12	¿La institución cuenta con algún programa de Maestría en Biotecnología?									
	0		1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuál:										
13	¿La institución cuenta con algún programa de Doctorado en Biotecnología?									
	0		1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuál:										
14	¿La institución cuenta con algún Proyecto de Investigación Científica en Biotecnología o relacionado con la Biotecnología?									
	0		1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuál(es): Biotecnología Farmacéutica: <input type="checkbox"/> Biotecnología Vegetal: <input type="checkbox"/> Biomedicina: <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>										
15	¿Se cuenta con algún laboratorio(s) de investigación científica en Biotecnología o ramas relacionadas con la Biotecnología?									
	0		1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuántos:										
16	En caso de no contar con programas de Maestría o Doctorado en Biotecnología, ¿se tiene previsto incorporarlos a las ofertas futuras de la institución?									
	0		1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuál:										
17	¿Se cuenta con los Doctores en Ciencias (PhD) de nacionalidad dominicana para impartir los programas de Maestría o Doctorado en Biotecnología?									
	0		1		2		3		4	
18	¿Existe la percepción entre las autoridades de la institución de la necesidad de incorporar los Programas de Maestría y/o Doctorado en Biotecnología a la cartera de oferta académica?									
	0		1		2		3		4	
19	¿Considera Ud. que existen los incentivos (sociales, económicos o profesionales) para que los egresados de Universidades dominicanas elijan la formación como Doctor en Biotecnología (PhD) como su primera opción?									
	0		1		2		3		4	
20	¿Cómo valora Ud. la disposición de su institución para incorporar alguna modalidad de formación de postgrado (Especialidad, Maestría y/o Doctorado) en Biotecnología dentro de su oferta académica?									
	0		1		2		3		4	

Nota: Ud. puede adjuntar un anexo con sus opiniones sobre el tema, si lo considera necesario.

**¡Muchas gracias!**

## **VALORACION DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA**

### **• DOCENCIA DE GRADO**

Para obtener los puntos totales de cada encuestado, se cuentan las (X) de las preguntas 1 a la 10 y se calcula el porcentaje dividiendo el total de puntos entre 40 (máximo posible). Los dos escenarios extremos son cuando todas las preguntas tienen 0 (0 %) o 4 (100%). El escenario intermedio es cuando se obtiene un porcentaje del 50%.

**Menos de 50 %:** La institución no cuenta con programas de formación de grado en Biotecnología, o lo tuvo alguna vez, o lo tiene y no funciona de manera eficaz. Se requiere de un plan correctivo de manera urgente para implantar un sistema de formación de grado en Biotecnología a corto o mediano plazo, con una adecuada sustentación de los recursos humanos especializados en Biotecnología para la impartición de docencia.

**Entre 51 y 75 %:** La institución cuenta con algún programa de formación de grado en Biotecnología y funciona de manera regular, aunque es insuficiente o no funciona con la calidad requerida, principalmente por la carencia de docentes-investigadores en Biotecnología. Se requiere la incorporación de docentes-investigadores en Biotecnología, tanto para la docencia, como para la investigación científica, que le permita graduar egresados que se incorporen a los programas de postgrado en Biotecnología.

**Entre 76 y 95%:** La institución cuenta con un programa adecuado de formación de grado en Biotecnología, pero con leves deficiencias en cuanto a la continuidad y sistematicidad de su cumplimiento, o respecto a la fidelidad con las actividades realmente realizadas. Se deberán solucionar las deficiencias a corto plazo, para que el sistema no deje de ser eficaz. Su tendencia es muy positiva para garantizar la continuidad hacia la docencia de postgrado. Se deben analizar los puntos sobresalientes y aplicar medidas para solucionar los temas con más baja puntuación.

**Más de 95%:** La institución cuenta con los programas, los recursos humanos y la infraestructura de laboratorios que garantizan la formación de competencias teórico-prácticas en Biotecnología a un elevado nivel y es ejemplo para otras instituciones de Educación Superior de República Dominicana.

### **• DOCENCIA DE POSTGRADO**

Para obtener los puntos totales de cada encuestado, se cuentan las (X) de las preguntas 11 a la 20 y se calcula el porcentaje dividiendo el total de puntos entre 40 (máximo posible). Los dos

escenarios extremos son cuando todas las preguntas tienen 0 (0 %) o 4 (100%). El escenario intermedio es cuando se obtiene un porcentaje del 50%.

**Menos de 50 %:** La institución no cuenta con programas de formación de postgrado en Biotecnología, o lo tuvo alguna vez, o lo tiene y no funciona de manera eficaz. Se requiere de un plan correctivo de manera urgente para implantar un sistema de formación de postgrado en Biotecnología (Especialidad, Maestría y/o Doctorado) a corto o mediano plazo, con una adecuada sustentación de la infraestructura de investigación en Biotecnología (laboratorios) para la ejecución de Proyectos de Investigaciones Científicas.

**Entre 51 y 75 %:** La institución cuenta con algún programa de formación de postgrado en Biotecnología (Especialidad, Maestría o Doctorado) y funciona de manera regular, aunque es insuficiente o no funciona con la calidad requerida, principalmente por la carencia de laboratorios de investigaciones científicas en Biotecnología. Se requiere la creación de la infraestructura necesaria para investigaciones científicas en Biotecnología, que le permitan a los maestrantes y doctorandos ejecutar las actividades de investigación científica de sus respectivas Tesis.

**Entre 76 y 95%:** La institución cuenta con un programa adecuado de formación de postgrado en Biotecnología, pero con leves deficiencias en cuanto a la continuidad y sistematicidad de su cumplimiento, o respecto a la fidelidad con las actividades realmente realizadas. Se pueden solucionar las deficiencias a corto plazo, para que el sistema no deje de ser eficaz. Su tendencia es muy positiva para garantizar la formación de recursos humanos especializados en Biotecnología. Se deben analizar los puntos sobresalientes y aplicar medidas para solucionar los temas con más baja puntuación.

**Más de 95%:** La institución cuenta con los programas, los recursos humanos y la infraestructura de laboratorios de investigaciones científicas que garantizan la realización de actividades experimentales comprendidas en los planes de Maestría o Tesis de Doctorado a un elevado nivel y es ejemplo para otras instituciones de Educación Superior de República Dominicana.

**Anexo 2. Cuestionario de entrevista a docentes, investigadores y funciones de Instituciones de Educación Superior de República Dominicana para el Diagnostico de la formación de postgrado en Biotecnología.**

Santo Domingo, agosto, 2022

Estimado profesional:

En estos momentos me encuentro en las labores de investigación de la Tesis de Doctorado cuyo título preliminar es “*Diagnóstico y Evaluación de la Formación de Recursos Humanos Especializados de Biotecnología en República Dominicana*”. Como parte de esta investigación, se ha considerado recoger las opiniones de aquellos especialistas en el campo, docentes y funcionarios relacionados con la investigación-desarrollo en este campo mediante entrevistas. Dentro de la búsqueda que se ha realizado, hemos seleccionado su nombre en base a su experiencia y resultados investigativos en el área de la Biotecnología o áreas relacionadas, por lo que las respuestas, comentarios y opiniones al cuestionario que se adjunta serán una contribución importante al trabajo que pretendemos realizar.

Por tal motivo, agradeceré concertar una cita con Ud. en el día y hora más conveniente para dicha entrevista, para lo cual solicitamos su aprobación para que esta sea grabada (audio). Para optimizar el tiempo de la entrevista, agradeceré de sumo grado recibir por correo electrónico (omar.ssolis@gmail.com) las respuestas, comentarios y opiniones por escrito al menos 24 horas antes de la fecha agendada. Su información será tratada de manera confidencial y en ningún momento se mencionará su identidad a los efectos del procesamiento de los datos.

Agradezco de antemano su tiempo y contribución a este esfuerzo para el logro de una etapa importante de mi formación profesional como Doctor en Ciencias de la Educación.

Atentamente,

Lic. Omar Solís  
Doctorante en Ciencias de la Educación  
Universidad Abierta para Adultos (UAPA)

## CUESTIONARIO PARA ENTREVISTA

Nombre: \_\_\_\_\_ Afiliación: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es su apreciación personal sobre la formación de recursos humanos de postgrado (Especialidad, Maestría y Doctorado) para el desarrollo de la Biotecnología en República Dominicana?
2. ¿Cuáles ramas de la Biotecnología Ud. considera son importantes para el desarrollo económico de Republica Dominicana? Por favor, seleccione entre las siguientes: Agropecuaria, Vegetal, Forestal, Animal, Ambiental, Alimentaria, Industrial, Farmacéutica, Biomedicina, Otra (especificar).
3. En su opinión, ¿Cuáles competencias y habilidades técnicas deben tenerse en cuenta para incluir en un plan de formación de recursos humanos en Biotecnología, sea cual sea la rama que se considere? Seleccione 10 competencias y 10 habilidades, por orden de prioridad, colocando los números del 1 al 10 en la columna correspondiente.

### 3.1 Competencias

No	Competencia	No	Competencia	No	Competencia
	Desarrollo de productos		Ensayos in vitro		Enzimología
	Secuenciación de genes		Ensayos in vivo		Técnicas ADN/ARN
	Técnicas de purificación		Anticuerpos		Diseño de ensayos
	Aseguramiento Calidad		Receptores		Bioestadística
	Control de Calidad		Microbiología		Genética
	Otra (Especificar cuál)				

### 3.2 Habilidades técnicas

No	Habilidad técnica	No	Habilidad técnica	No	Habilidad técnica
	PCR		Tecnología de cultivo		Ensayos toxicidad
	Citometría de flujo		Formulación farmac.		Liofilización
	ELISA		Espectrofotometría		Cromatografía prep.
	HPLC		RMN		Análisis de residuales
	Espectrometría masas		Difracción rayos X		Microscopia electron.
	Otra (Especificar cuál)				

### 3.3 Otras habilidades

No	Otra habilidad	No	Otra habilidad	No	Otra habilidad
	Aspectos regulatorios		Bioseguridad		Bioética
	MS Office		Análisis información		MatLab
	C++		Linux		Unix
	Phyton		SQL		PHP
	Gerencia de laboratorio		Trabajo en equipo		Comunicación
	Otra (Especificar cuál)				

4. ¿Qué inversiones de infraestructura, en orden de prioridad, se deberían tener en cuenta para desarrollar las investigaciones científicas y tecnológicas que conduzcan a la formación de postgrado de Biotecnología en República Dominicana? Por favor, indique el orden de prioridad mediante numeración consecutiva.

4.1 Inversiones en investigaciones científicas

4.2 Inversiones en desarrollo de tecnologías

5. ¿Cómo se debe abordar por las Universidades dominicanas la carencia de docentes con formación de Doctorado en Biotecnología (PhD) para implementar los programas teórico-prácticos que se requieren en la formación de postgrado en esta rama?

6. En el caso que Ud. haya participado en algún Proyecto FONDOCYT en el área de la Biotecnología en el periodo 2006-2019, ¿Cuántos Masters o Doctores en Ciencias (PhD) se han formado como parte de los resultados de dicho(s) Proyecto(s)? Nota: En caso que Ud. no haya participado en Proyectos FONDOCYT, deje en blanco esta pregunta.

7. Cualquier otro comentario, sugerencia u opinión que considere sobre el asunto de la encuesta.

¡Muchas gracias!

**Anexo 3. Relación de Programas Doctorales aprobados en República Dominicana, 2019**  
(Fuente: Dirección de Estadísticas, MESCyT)

*Relación de programas doctorales en República Dominicana, 2019*

No	Programa doctoral	Tipo de programa	IES extranjera
<b>INTEC</b>			
1	Ciencias Ambientales	Propio	-
2	Gestión Energética para el Desarrollo Sostenible	Propio	-
3	Ingenierías y Ciencias Aplicadas a Estructural, Geotecnia y Manufactura	Propio	-
<b>PUCMM</b>			
4	Estudios del Español: Lingüística y Literatura	Propio	-
5	Historia del Caribe	Propio	-
6	Derecho	Propio	-
<b>UASD</b>			
7	Liderazgo Educacional	Consortiado	NOVA (USA)
8	Ciencias Pedagógicas	Consortiado	UH (CUBA)
9	Ciencias Empresariales	Consortiado	UAH (ESPAÑA)
10	Cooperación e Intervención Social	Consortiado	UNIOVI (ESPAÑA)
11	Psicología de la Educación y Desarrollo Humano	Consortiado	UV (ESPAÑA)
12	Economía	Consortiado	UPV/EHU (ESPAÑA)
13	Sociología	Consortiado	UPV/EHU (ESPAÑA)
14	Filosofía para un Mundo Global	Consortiado	UPV/EHU (ESPAÑA)
15	Psicología y Educación	Consortiado	UPV/EHU (ESPAÑA)
16	Sociedad Democrática, Estado y Derecho	Consortiado	UPV/EHU (ESPAÑA)
<b>INTEC-UASD-PUCMM</b>			
17	Matemática	Consortiado	

**Anexo 4. Resultados de la encuesta sobre la formación de grado en Biotecnología en Instituciones de Educación Superior, República Dominicana (n = 20).**

1	¿La institución cuenta con una o más carreras de grado en Biotecnología?									
	0	10	1		2	6	3		4	4
En caso afirmativo, diga cuál:										
2	¿La asignatura de Biotecnología o de alguna especialidad de la Biotecnología aparece en el pensum de alguna carrera de grado de la institución?									
	0	8	1	2	2	6	3	2	4	2
En caso afirmativo, diga cuál:										
3	¿Se incluyen uno o más capítulos acerca de alguna rama de la Biotecnología en los programas de Biología o asignaturas relacionadas con la Biología?									
	0		1		2	12	3	4	4	4
4	¿Se cuenta con alguna infraestructura de laboratorios docentes de Biología?									
	0	2	1	6	2	8	3		4	4
5	¿Se cuenta con alguna infraestructura de laboratorios de investigación para prácticas docentes en Biotecnología?									
	0	8	1	4	2	4	3		4	4
6	En caso de no contar con carrera de grado en Biotecnología, ¿se tiene previsto incorporar dicha carrera a las ofertas futuras de la institución?									
	0	12	1		2		3	4	4	4
7	-+ ¿La institución cuenta con los docentes con grado de Master o Doctor en Ciencias (PhD) en áreas de la Biotecnología para impartir la carrera de grado de Biotecnología?									
	0	14	1		2		3		4	6
En caso afirmativo, diga cuántos:										
8	¿Existe la percepción entre los docentes-investigadores de la institución de la necesidad de incorporar la carrera de grado de Biotecnología a su cartera de oferta académica?									
	0	10	1	4	2		3		4	6
9	¿Considera Ud. que existen los incentivos (sociales, económicos o profesionales) para que una parte de la población estudiantil elija la carrera de grado de Biotecnología como su primera opción?									
	0	16	1		2		3		4	4
10	¿Cómo valora Ud. la disposición de su institución para incorporar la carrera de grado de Biotecnología dentro de su oferta académica?									
	0	12	1	2	2		3		4	6

Nota: Los números en color rojo es la sumatoria de las respuestas de los encuestados.

**Anexo 5. Resultados de la encuesta sobre la formación de postgrado en Biotecnología en Instituciones de Educación Superior, República Dominicana (n = 20).**

1	¿La institución cuenta con algún programa de Especialidad en Biotecnología?									
	0	20	1		2		3		4	
En caso afirmativo, diga cuál:										
2	¿La institución cuenta con algún programa de Maestría en Biotecnología?									
	0	18	1		2		3		4	2
En caso afirmativo, diga cuál:										
3	¿La institución cuenta con algún programa de Doctorado en Biotecnología?									
	0	19	1		2		3		4	1
En caso afirmativo, diga cuál:										
4	¿La institución cuenta con algún Proyecto de Investigación Científica en Biotecnología o relacionado con la Biotecnología?									
	0	10	1		2		3		4	10
En caso afirmativo, diga cuál(es): Biotecnología Farmacéutica: <input type="checkbox"/> Biotecnología Vegetal: <input type="checkbox"/> 10 Biomedicina: <input type="checkbox"/> 6 Otro: <input type="checkbox"/> 4										
5	¿Se cuenta con algún laboratorio(s) de investigación científica en Biotecnología o ramas relacionadas con la Biotecnología?									
	0	12	1	4	2		3		4	4
En caso afirmativo, diga cuántos:										
6	En caso de no contar con programas de Maestría o Doctorado en Biotecnología, ¿se tiene previsto incorporarlos a las ofertas futuras de la institución?									
	0	16	1	2	2		3		4	2
En caso afirmativo, diga cuál:										
7	¿Se cuenta con los Doctores en Ciencias (PhD) de nacionalidad dominicana para impartir los programas de Maestría o Doctorado en Biotecnología?									
	0	18	1		2		3		4	2
8	¿Existe la percepción entre las autoridades de la institución de la necesidad de incorporar los Programas de Maestría y/o Doctorado en Biotecnología a la cartera de oferta académica?									
	0	12	1	2	2		3		4	6
9	¿Considera Ud. que existen los incentivos (sociales, económicos o profesionales) para que los egresados de Universidades dominicanas elijan la formación como Doctor en Biotecnología (PhD) como su primera opción?									
	0	20	1		2		3		4	
10	¿Cómo valora Ud. la disposición de su institución para incorporar alguna modalidad de formación de postgrado (Especialidad, Maestría y/o Doctorado) en Biotecnología dentro de su oferta académica?									
	0	6	1	4	2	4	3	2	4	4

Nota: Los números en color rojo es la sumatoria de las respuestas de los encuestados.

**ANEXO 6. Los proyectos de investigación en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior y otras organizaciones dominicanas e instituciones afines. Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Datos FONDOCYT.**

<b>Universidad/ Organización</b>	<b>Título del proyecto</b>	<b>Rama</b>	<b>Año</b>	<b>Investigador Principal</b>
Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)	ESTUDIOS DE FIJACIÓN DE LA POBLACIÓN DOMINICANA MEDIANTE MARCADORES MICRO-SATÉLITES	Biomedicina	2005	Marisol de Castro
	PRODUCCIÓN DE COLORANTES NATURALES EN POLVO A PARTIR DE BIJA Y CÚRCUMA USANDO PROCEDIMIENTOS BIOLÓGICOS	Vegetal	2005	Cesar Aybar
	PERFECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE VINOS A PARTIR DE UVAS DE NEYBA	Vegetal	2005	Lucia Berigüete
	OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ALGAS	Bioenergía	2005	Juan M. Heredia
	CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE DIFERENTES VARIEDADES Y LÍNEAS PROMISORIAS DE ARROZ ( <i>Oryza spp.</i> ), MEDIA TÉCNICAS MOLECULARES	Vegetal	2006	Victoriano S. Valdez
	PRODUCCIÓN DE TILAPIAS CROMOSOMA V PARA LA GENERACIÓN DE CULTIVOS MONOSEXO DE TILAPIAS	Animal	2006	Frank Richardson
	CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE GENOTIPOS DE CACAO ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2006	José R. Núñez
	ESTUDIOS BIOTECNOLÓGICOS EN <i>Annona muricata L.</i> (GUANÁBANA)	Vegetal	2007	Luis Wong
	CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE AGUACATES CRIOLLOS ( <i>Persea americana Mill</i> ) CULTIVADOS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA UTILIZANDO MARCADORES AFLPS.	Vegetal	2007	Mayelin Mateo
	EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA LISOZIMA EN EL CONTROL DEL CRECIMIENTO MICROBIANO DE ALIMENTOS.	Alimentaria	2007	Diógenes Aybar

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)	ESTUDIO MOLECULAR DEL VIRUS DEL DENGUE EN POBLACIONES DE <i>Aedes aegypti</i> EN LA REPÚBLICA DOMINICANA: SEROTIPIFICACIÓN Y ESTUDIO DE LA TRANSMISION TRANSOVÁRICA	Biomedicina	2008	Alexandra Martine
	HAPLOTIPOS DEL GEN DE LA $\beta$ -GLOBINA EN PACIENTES CON ANEMIA FALCIFORME Y SU INCIDENCIA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2008	Carlos Vergara
	ISOENZIMAS Y AFLPS COMO MARCADORES MOLECULARES PARA EL ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES FENOTÍPICAS DE LAS NARANJAS VALENCIA ( <i>Citrus sinensis</i> Osbeck) AFECTADAS POR EL VIRUS DE LA TRISTEZA (VTC), EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2008	Atharva Veda Rosa
	ESTUDIOS ISOENZIMÁTICOS Y DE SSR EN POBLACIONES DE AGUACATES CRIOLLOS ( <i>Persea americana</i> var. <i>americana</i> Mill.) EN LA REPÚBLICA DOMINICANA Y SU IMPLICACION EN EL MANEJO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS Y EL FITOMEJORAMIENTO	Vegetal	2008	José R. Núñez
	ANÁLISIS MUTACIONAL DEL GEN BRCA1 EXÓN 11 MEDIANTE SECUENCIACIÓN DIRECTA EN MUJERES CON CÁNCER DE MAMA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA.	Biomedicina	2009	Carlos Vergara
	SEROTIPIFICACIÓN Y DIVERSIDAD GENÉTICA DEL VIRUS DEL DENGUE EN LA REPÚBLICA DOMINICANA MEDIANTE SECUENCIACIÓN DIRECTA DE REGIONES DE LA PROTEÍNA E Y PCR EN TIEMPO REAL.	Biomedicina	2009	Ángel Solís
	MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PIÑA MEDIANTE EL USO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2009	Adriana Chavarría
	ACCIÓN ANTIMICROBIANA DE LA LISOZIMA SOBRE LAS BACTERIAS GRAM NEGATIVAS CUANDO ESTA SE APLICA CONJUNTAMENTE CON SECUESTANTES DE METALES.	Alimentaria	2010	César Aybar

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)	ESTUDIO DE DIVERSIDAD GENÉTICA UTILIZANDO MARCADORES MOLECULARES Y PROPAGACIÓN IN VITRO DE PLANTAS ÉLITES DE CACAO CRIOLLO BLANCO ( <i>Theobroma cacao</i> L.), CULTIVADO EN LA REPÚBLICA DOMINICANA.	Vegetal	2010	Bernarda Castillo
	PROPAGACIÓN Y CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA DE LIMONCILLO ( <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf) A TRAVÉS DE TÉCNICAS BIOTECNOLÓGICAS	Vegetal	2010	Héctor Peralta
	USO DE HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN, MICROPROPAGACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MAGUEY DE BESTIA ( <i>Agave antillarum</i> Descourt.) EN LA REPÚBLICA DOMINICANA.	Vegetal	2010	José R. Núñez
	CARACTERIZACIÓN DE LA PRESENCIA DE PLAGUICIDAS VEDADOS EN ÁREAS PRODUCTIVAS DE CONSTANZA Y SU BIORREMEDIACIÓN EMPLEANDO MICROORGANISMOS	Vegetal	2010	Luis Wong
	SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES PARA DESARROLLAR VARIEDADES DE PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ) RESISTENTES AL TIZÓN TARDÍO ( <i>Phytophthora infestans</i> ) EN REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2013	Atharva Veda
	MULTIPLICACIÓN MASIVA DE <i>Stevia rebaudiana</i> B.A TRAVÉS DE TÉCNICAS BIOTECNOLÓGICAS	Vegetal	2013	César de la Cruz
	AISLAMIENTO DEL GEN DE LA DEHIDRINA DEL HELECHO <i>Pleopeltis polypodioides</i> (Doradilla o Resurrection fern)	Vegetal	2014	José R. Núñez
	BÚSQUEDA DE RESISTENCIA A <i>Fusarium oxysporum</i> EN BANANOS ( <i>Musa</i> spp) UTILIZANDO MARCADORES RAPD EN REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2015	Atharva Veda
	EVALUACIÓN DE CEPAS NATIVAS DE <i>Trichoderma</i> spp. EN EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS DE SUELO BAJO AMBIENTE PROTEGIDO	Vegetal	2015	Elpidio Avilés

(continúa)

**Anexo 6.** (continuación)

Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)	OBTENCIÓN BIOTECNOLÓGICA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS COMO VITAMINAS, FLAVONOIDES, POLIFENOLES, TOCOFEROLES, B-CAROTENO Y DE AROMAS, TERPENOS COMPLEJOS DE ALTO VALOR NUTRICIONAL, UTILIZANDO RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA	Alimentaria	2015	Agripina Ramírez
	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGRO-INDUSTRIALES COMO SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES EN REPÚBLICA DOMINICANA	Alimentaria	2015	Héctor Peralta
	GENOTIPIFICACIÓN MOLECULAR DE VARIEDADES DE ARROZ ( <i>Oriza sativa</i> L.) EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2018	José R. Núñez
	MICROPROPAGACIÓN Y ESTUDIO DE VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA CÚRCUMA ( <i>CURCUMA LONGA</i> L.) EN REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2018	Julio B. Mejía
Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	MEJORAMIENTO DE LA GANADERIA DOMINICANA MEDIANTE BIOTECNOLOGIA DE LA REPRODUCCION	Animal	2008	Alejandro Moquete
	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE FIJADORES BIOLÓGICOS DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DEL GUANDUL EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2008	César Diaz
	DISEÑO Y PROCESAMIENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS PROBIÓTICAS FERMENTADAS CON LAS BACTERIAS <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> Y <i>Bifidodacterium bifidum</i> EN SIMBIOSIS CON EL <i>Streptococcus thermophilus</i>	Alimentaria	2008	Elsa Acosta
	PRODUCCION DE BIOHIDRÓGENO DE RESIDUOS ORGÁNICOS RENOVABLES Y AGUA RESIDUAL	Bioenergía	2008	Luis Mejía
	AISLAMIENTO, DESCRIPCIÓN Y CULTIVO DE SEROVARES DE <i>Leptospira</i> spp, PRESENTES EN LA REPÚBLICA DOMINICANA. ELABORACIÓN DE KIT DE DIAGNÓSTICO	Animal	2009	Alejandro Moquete

(continúa)

Anexo 6. (continuación)

Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE YOGURT FUNCIONAL PROBIÓTICO ENRIQUECIDO CON PROTEÍNA DE SOYA Y ÁCIDOS GRASOS POLI-INSATURADOS (OMEGA 3)	Alimentaria	2010	Elsa Acosta
	PREVALENCIA Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE <i>Helicobacter pylori</i> EN LA POBLACIÓN DE REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2012	Modesto Cruz
	DESARROLLO DE ALIMENTOS FERMENTADOS NUTRACÉUTICOS Y PROBIÓTICOS SUPLEMENTADOS CON CALCIO Y FIBRA DIETÉTICA	Alimentaria	2012	Elsa Acosta
	DISEÑO DE UN BIOFERTILIZANTE PARA GUANDUL ( <i>Cajanus cajan (L.) Millsp.</i> ), CON CEPAS AUTÓCTONAS DE <i>Bradyrhizobium sp.</i> , OPTIMIZADO PARA LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2012	César Díaz
	IDENTIFICACIÓN DE <i>Leishmania spp</i> Y SUS VECTORES MEDIANTE TÉCNICAS MOLECULARES EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Animal	2013	Mercedes de Vargas
	UTILIZACIÓN DE PLANTAS ENDÉMICAS DE LA FLORA AROMÁTICA DE LA FAMILIA MYRTACEA PARA DESARROLLAR FORMULACIONES DE BIOPRODUCTOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS EN CULTIVOS DE PLANTAS DE INTERÉS AGRÍCOLA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Agrícola	2013	Rosina Taveras
	PROPAGACIÓN MASIVA DE CLONES ÉLITE DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica L. cv Catimor</i> ), VÍA EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA ASISTIDA POR BIORREACTORES SETISTM	Vegetal	2013	Genaro Reynoso
	PRODUCCIÓN DE SIROPE CON ALTO CONTENIDO DE FRUCTOSA A PARTIR DEL JUGO DE CAÑA ( <i>Saccharum officinarum</i> )	Industrial	2013	Juan J. Arias
	CARACTERIZACIÓN MOLECULAR E INMUNOLÓGICA DE <i>Giardia lamblia</i> EN REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2014	Bienvenido Jonchong

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

<p>Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)</p>	<p>EPIDEMIOLOGÍA MOLECULAR DE ARBOVIROSIS (DENGUE Y CHIKUNGUNYA) EN REPÚBLICA DOMINICANA Y PANAMÁ: FLUJO GENÉTICO Y RESISTENCIA A INSECTICIDAS DE LOS MOSQUITOS VECTORES (<i>Aedes aegypti</i> y <i>Aedes albopictus</i>)</p>	<p>Biomedicina</p>	<p>2014</p>	<p>Modesto Cruz</p>
	<p>CARACTERIZACIÓN MOLECULAR Y DESARROLLO DE TÉCNICAS PARA LA ELIMINACIÓN DE <i>Mycobacterium bovis</i> EN LECHE PARA QUESOS FRESCOS</p>	<p>Alimentaria</p>	<p>2014</p>	<p>Raysa Reyes</p>
	<p>PRODUCCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE CON CEPAS AUTÓCTONAS DE MICORRIZAS COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LAS PASTURAS EN LA GANADERIA DE LA LÍNEA NOROESTE</p>	<p>Vegetal</p>	<p>2014</p>	<p>Pedro Núñez</p>
	<p>OBTENCIÓN DE CUATRO PRODUCTOS MULTIFUNCIONALES Y NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA Y SEMILLA DE LA CHINOLA (<i>Passiflora edulis</i>) UTILIZANDO PROCESOS BIOLÓGICOS QUE NO ALTEREN DE MANERA SENSIBLE SU NATURALIDAD</p>	<p>Industrial</p>	<p>2014</p>	<p>Dileysis Paniagua</p>
	<p>DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE PROCESO PARA ALIMENTOS SIMBIÓTICOS Y/O FORTIFICADOS DIRIGIDOS A POBLACIONES CON REGÍMENES NUTRICIONALES ESPECIALES</p>	<p>Alimentaria</p>	<p>2014</p>	<p>Altagracia Castillo</p>
	<p>PIRAMIDACIÓN DE GENES PARA GENERACIÓN DE MUTANTES CON RESISTENCIA AMPLIA Y DURADERA A DISTINTAS ESPECIES DE TOSPOVIRUS EN SOLANÁCEAS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA</p>	<p>Vegetal</p>	<p>2014</p>	<p>Reyna T. Martínez</p>
	<p>ELABORACIÓN DE UN BIOFORMULADO DE CEPA NATIVA DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO <i>Beauveria bassiana</i> CON ESCALAMIENTO EN FERMENTACIÓN LÍQUIDA PARA EL CONTROL DE PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA REPÚBLICA DOMINICANA</p>	<p>Vegetal</p>	<p>2015</p>	<p>Rosina Taveras</p>

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	DISEÑO DE UN BIOCONTROLADOR BASADO EN BACTERIAS AUTÓCTONAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPR) EN BANANO ORGÁNICO EN LA LÍNEA NOROESTE, REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2015	Iris Marcano
	DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE INFECCIÓN Y TRAZABILIDAD DE FITOPATÓGENOS DE CULTIVOS EN AMBIENTE PROTEGIDO	Vegetal	2015	Luis A. Matos
	PERFIL DE LA EXPRESIÓN GÉNICA COMO MÉTODO DE TAMIZAJE DE BIOCOPATIBILIDAD DEL MATERIAL DENTAL	Biomedicina	2015	Franklyn Garcia-Godoy
	DIVERSIDAD GENÉTICA DEL <i>Mycrobacterium tuberculosis</i> EN REPÚBLICA DOMINICANA Y SU IMPACTO EN LA CLÍNICA	Biomedicina	2015	Carlos Rodríguez Taveras
	MICROPROPAGACIÓN DE GUÁCIMA ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )	Agrícola	2005	Wilfredo Moscoso
	TRANSFORMACIÓN DE TRES VARIEDADES DE ARROZ ( <i>Oryza Saliva L.</i> ) MEDIADA POR <i>Agrobacterium tumefasciens</i> PARA RESISTENCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO	Vegetal	2005	Jose Tejada/Jorge del Villar
Instituto Superior Agropecuario (ISA)	DIAGNOSTICO, SANEAMIENTO Y MULTIPLICACION IN VITRO DE YAUTIA COCO ( <i>Colocasia esculenta</i> )	Vegetal	2006	José E. Camilo
	IDENTIFICACION E INOCULACION DE BACTERIAS, USO DE ADITIVOS V SU EFECTO EN LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL ENSILAJE	Agrícola	2006	Helmut Bethancourt
	BIOPROSPECCIÓN DE MICROORGANISMOS DE FERMENTACIÓN DE LOS GÉNEROS <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> <i>Vifidobacterium</i> , DE ALTA EFICIENCIA EN LA BIOCONVERSIÓN DE PRECURSORES DE ÁCIDO LÁCTICO, PRINCIPALMENTE GLUCOSA A PARTIR DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR	Vegetal	2006	Rufino Pérez

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

	MUTAGÉNESIS EN ARROZ ( <i>Oriza sativa</i> ) A PARTIR DE RADIACIONES IONIZANTES PARA LA INDUCCIÓN DE TOLERANCIA A SALINIDAD	Vegetal	2007	Jaime Moncion
	PRESENCIA DE SUPEROXIDO DISMUTASA EN MUSA (FHIA 20 AAAB Y MACHO X HEMBRA AAB) COMO RESPUESTA DE RESISTENCIA A LA INFECCION POR <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Vegetal	2008	Esclaudys Pérez
	IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN GENÉTICA DE CONEJOS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Animal	2008	Rafael A. Vásquez
	TRANSFORMACIÓN DE SUERO DE LECHE DE VACA EN VINAGRE MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE BACTERIAS AERÓBICAS Y ANAERÓBICAS	Industrial	2008	Julio C. Martínez
	INDUCCIÓN A LA OVULACIÓN DEL <i>Piaractus brachipomus</i> , PACÚ, FUERA DE ÉPOCA DE MADURACIÓN EN REPÚBLICA DOMINICANA	Animal	2009	Rafael A. Vásquez
Instituto Superior Agropecuario (ISA)	PROPAGACIÓN IN VITRO DE ÁRBOLES PLUS DE PINO CRIOLLO ( <i>Pinus occidentalis</i> Swartz) UTILIZANDO ÁPICES MERISTEMÁTICOS	Forestal	2009	Jorge L. del Villar
	INDUCCIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA MEDIANTE HIBRIDACIÓN SOMÁTICA DEL PLÁTANO MACHO POR HEMBRA VERDE CON EL FHIA 21	Vegetal	2009	Esclaudys Pérez
	DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LOMBRICOMPOST Y ACIDO HÚMICO CON LOMBRIZ <i>Eisenia foetida</i> ALIMENTADAS CON TRES TIPOS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS	Vegetal	2009	Claudia Mathern
	EVALUACIÓN DE BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL EN LA PROPAGACIÓN MASIVA DEL HÍBRIDO NATURAL DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> L.) CATURRA POR MARAGOGYPE	Vegetal	2012	José E. Tejada
	SANEAMIENTO Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LOS CÍTRICOS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA MEDIANTE TÉCNICAS BIOTECNOLÓGICAS	Vegetal	2013	Vicente Gimeno

(continúa)

Anexo 6. (continuación)

Instituto Superior Agropecuario (ISA)	PROPAGACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE MUSÁCEAS POR EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA Y COMPARACIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS CON RESPECTO A MATERIALES DE SIEMBRA TRACIONALES UTILIZADOS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2014	José E. Tejada
	PRODUCCIÓN DE SEMILLAS ARTIFICIALES DE TRES GENOTIPOS DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) RESISTENTES A ROYA ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) Y EVALUACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN DISTINTAS ZONAS CAFETALERAS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2015	Esclaudys Pérez
Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA)	ESTUDIO MOLECULAR DEL VIRUS DEL DENGUE CIRCULANTE EN REPUBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2008	Janet Pinzón
	GENOTIPIFICACIÓN MOLECULAR DE VIRUS DE HEPATITIS C EN REPÚBLICA DOMINICANA. ESTUDIO DE INFECCIÓN OCULTA POR VHC.	Biomedicina	2010	Rafael A. Váldez
	DETECCIÓN DE <i>Mycobacterium tuberculosis</i> Y DE MUTACIONES DE GENES QUE LE CONFIEREN MULTIRRESISTENCIA A DROGAS MEDIANTE LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA	Biomedicina	2012	Argelia Aybar
	EPIDEMIOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DEL VIRUS CHIKUNGUNYA EN EPIDEMIA 2014	Biomedicina	2014	Argelia Aybar
	ESTANDARIZACIÓN DE PRUEBAS MOLECULARES PARA TERAPIA PERSONALIZADA EN EL CÁNCER COLORRECTAL EN UN PAÍS DE RECURSOS LIMITADOS. INVESTIGACIÓN TRASLACIONAL	Biomedicina	2014	Rafael A. Valdez
	LA DETECCIÓN DE NEOPLASIAS MIELO-PROLIFERATIVAS EN SU ESTADO MOLECULAR EN DONANTES DE SANGRE: A TRAVÉS DE LA PRUEBA DE MUTACIÓN JAK2	Biomedicina	2015	Liliana Fernández
Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	TIPIFICACION GENÉTICA DEL <i>Micobacterium tuberculosis</i> EN TRABAJADORES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2006 2008	Modesto Cruz

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)	GENÉTICA DE CONSERVACIÓN Y ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD DE LA FLORA Y FAUNA DE REPÚBLICA DOMINICANA, UTILIZANDO TÉCNICAS NO INVASORAS DE ADN PARA ANÁLISIS CON MARCADORES MOLECULARES.	Vegetal	2007	Denise M. Sofia
	ESTUDIOS GENÉTICOS Y DE POBLACIONES DE LAS 2 ESPECIES ENDÉMICAS DE IGUANAS EN REPÚBLICA DOMINICANA: <i>Cyclura ricordii</i> Y <i>Cyclura cornuta</i>	Animal	2009	Denise M. Sofia
	ECOLOGÍA, TAXONOMÍA Y GENÓMICA DE LAS ROYAS ( <i>Pucciniales, Basidiomycota</i> ) DE LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2014	Omar Paino
	CARACTERIZACIÓN DE PROCEDENCIAS Y EMPLEO DE TÉCNICAS DE APROXIMACIÓN ÓMICAS PARA EL ESTUDIO FISIOLÓGICO Y MOLECULAR DE CINCO POBLACIONES NATURALES DE <i>Pinus occidentalis</i> Swart	Forestal	2014	Luis Rodriguez
	ESTUDIOS DE VARIABILIDAD POBLACIONAL Y RESPUESTA A ESTRÉS DEL GÉNERO <i>Juniperus</i> , MEDIANTE UNA APROXIMACIÓN MULTIÓMICA (TRANSCRIPTÓMICA, PROTEÓMICA Y METABOLÓMICA)	Forestal	2018	Luis Rodríguez
Instituto Dominicano de Investigación Agropecuaria y Forestal (IDIAF)	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN GENÉTICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS CRIOLLOS ( <i>Musa</i> spAAB) QUE EXPRESEN GENES ANTIFÚNGICOS QUE LE CONFIERAN RESISTENCIA A LA SIGATOCA NEGRA ( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET)	Vegetal	2006	Juan C. Bueno/Jose E. Torres
	PROTECCIÓN CRUZADA PARA EL MANEJO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR INJERTO EN CÍTRICOS A PARTIR DEL USO DE TÉCNICAS BIOLÓGICAS Y MOLECULARES	Vegetal	2008	Luis Matos
	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE FORMULACIONES ORGÁNICAS ENRIQUECIDAS CON MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DE RENDIMIENTO E INDUCTORES DE RESISTENCIA A LA ROYA DEL CAFÉ ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) PARA EL AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR CAFETALERO	Vegetal	2015	José E. Camilo

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Instituto Dominicano de Investigación Agropecuaria y Forestal (IDIAF)	SELECCIÓN DE MATERIALES GENÉTICOS LOCALES CON RESISTENCIA A LA ROYA ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Vegetal	2015	José M. Romero
	AMPLITUD DE LA BASE GENÉTICA DEL FRIJOL COMÚN ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) PARA SU ADAPTACIÓN A LIMITANTES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS PROVOCADAS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO	Vegetal	2018	Graciela A. Godoy
Instituto Superior Loyola	USO DE INÓCULO MICROBIANO MIXTO ESTANDARIZADO EN LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE LA ESPECIE INVASIVA <i>Eichhornia</i> sp. DE LAS CORRIENTES ACUÍFERAS EUTRÓFICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS Y FERTILIZANTES.	Energía	2015	Yessica Castro
	MANEJO SOSTENIBLE DE LOS PRINCIPALES MICROORGANISMOS Y OTROS FACTORES QUE INCIDEN EN LA PODREDUMBRE Y PÉRDIDAS POSTCOSECHA DEL CULTIVO DE AGUACATE	Vegetal	2015	Rosa M. Méndez
	METAGENÓMICA DE BACTERIAS Y ARQUEAS PARA LA OBTENCIÓN DE ENZIMAS EN LOS TAPETES HIPERSALINOS DE BANÍ Y MONTECRISTI, REPÚBLICA DOMINICANA	Ambiental	2015	Yameiris Mena
Universidad Central del Este (UCE)	ESTUDIO GENÓMICO PARA DETERMINAR LA VARIANTE GENÉTICA ASOCIADA AL ASMA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA.	Biomedicina	2010	David Hernández
	INTRODUCCIÓN DEL GEN <i>FecB</i> ( <i>booroola</i> ) Y SU EFECTO EN LA PROLIFICIDAD Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE OVEJAS <i>Katahdin</i>	Animal	2012	Helmut Bethancourt
	CARACTERIZACIÓN DE PROCEDENCIAS Y EMPLEO DE TÉCNICAS DE APROXIMACIÓN ÓMICAS PARA EL ESTUDIO FISIOLÓGICO Y MOLECULAR DE CINCO POBLACIONES NATURALES DE <i>Pinus occidentalis</i> Swart	Forestal	2014	Luis Rodríguez
	ESTUDIOS DE VARIABILIDAD POBLACIONAL Y RESPUESTA A ESTRÉS DEL GÉNERO <i>Juniperus</i> , MEDIANTE UNA APROXIMACIÓN MULTIÓMICA (TRANSCRIPTÓMICA, PROTEÓMICA Y METABOLÓMICA)	Forestal	2018	Luis Rodríguez

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Instituto Dominicano de Investigación Agropecuaria y Forestal (IDIAF)	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN GENÉTICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS CRIOLLOS ( <i>Musa sp</i> AAB) QUE EXPRESEN GENES ANTIFÚNGICOS QUE LE CONFIERAN RESISTENCIA A LA SIGATOCA NEGRA ( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET)	Vegetal	2006	Juan C. Bueno/Jose E. Torres
	PROTECCIÓN CRUZADA PARA EL MANEJO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR INJERTO EN CÍTRICOS A PARTIR DEL USO DE TÉCNICAS BIOLÓGICAS Y MOLECULARES	Vegetal	2008	Luis Matos
	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE FORMULACIONES ORGÁNICAS ENRIQUECIDAS CON MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DE RENDIMIENTO E INDUCTORES DE RESISTENCIA A LA ROYA DEL CAFÉ ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) PARA EL AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR CAFETALERO	Vegetal	2015	José E. Camilo
Universidad Nacional Evangélica (UNEV)	DESARROLLO DE UNA TÉCNICA NOVEDOSA MEDIANTE INMUNOAFINIDAD PARA EL DIAGNÓSTICO DE SÍNDROMES NEUROLÓGICOS ASOCIADOS AL CÁNCER DE PULMÓN	Biomedicina	2018	Máximo Tatis
	NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE LA BIOMASA AGRÍCOLA RESIDUAL DE LOS CULTIVOS DE MANGO Y CACAO	Industrial	2018	Alberto J. Núñez Selles
Universidad O&M	ANÁLISIS MUTACIONAL DEL GEN PANK2 ASOCIADO AL SÍNDROME DE HALLERVORDEN-SPATZ (SKAN) EN LA REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2015	Carlos Vergara
Jardín Botánico Nacional (JBN)	SELECCIÓN, CLONACIÓN Y SILVICULTURA INTENSIVA DE GENOTIPOS SUPERIORES DE <i>Swietenia mahagoni</i> Jacq. EN REPÚBLICA DOMINICANA	Forestal	2014	Alfredo Jiménez

(continúa)

**Anexo 6. (continuación)**

Museo del Hombre Dominicano	LA ESTRUCTURA GENETICA DE POBLACIONES PRECOLUMBINAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA Y SU INCIDENCIA EN LA POBLACION DOMINICANA ACTUAL MEDIANTE EL USO DE TECNICAS APLICADAS EN GENOMICA.	Forense	2008	Marcio Veloz
Empresa ALIMENTEC	UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA DE LA FERMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) PARA EL DESARROLLO DE UN CEBO INSECTICIDA PARA EL CONTROL DE LA MOSCA DE LA FRUTA ( <i>Ceratitis capitata</i> Wied.)	Industrial	2007	Daniel Durán
Centro de Educac. Méd. Amistad Domin. Japonesa (CEMADOJA)	CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LOS VIRUS RESPIRATORIOS EMERGENTES EN NIÑOS EN REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2018	Julio M. Rodriguez
Inst. Enseñanza Odontológica (IOES)	ANGIOGÉNESIS DEL LIGAMENTO HUMANO PERIODONTAL DERIVADO DE CÉLULAS MADRES	Biomedicina	2018	Franklyn Garcia-Godoy Jr.
Universidad Iberoamericana (UNIBE)	ASISTENCIA EUROPEA, LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE PARA EL PÁNCREAS ARTIFICIAL	Biomedicina	2016	Ammar Ibrahim
	CARACTERIZACIÓN GENÓMICA EN MUERTES CARDIOVASCULARES EN REPÚBLICA DOMINICANA	Biomedicina	2018	Arismendy Benítez
	CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN BIODIGESTOR HIDRAÚLICO MEDIANTE EL USO DE RESIDUALES DE VACAS Y CERDOS EN UNA COMUNIDAD RURAL DE LA PROVINCIA PERAVIA.	Industrial	2018	Melina Santos
Univ. Nacional “Pedro Henríquez Ureña” (UNPHU)	DISEÑO Y PRUEBA DE UN PROTOCOLO DE MULTIPLICACIÓN <i>in vitro</i> DE <i>Dendrocalamus asper</i> SHULT (BAMBÚ GIGANTE), PARA EL FOMENTO DE PLANTACIONES COMERCIALES EN REPÚBLICA DOMINICANA	Forestal	2018	Francisco Sanchis
Univ “Federico Henríq y Carvajal” (UFHEC)	REGENERACIÓN TISULAR GUIADA MEDIANTE EVALUACIÓN TRIDIMENSIONAL CREACIÓN DE ANDAMIOS ESPECÍFICOS Y CÉLULAS PROGENITORAS EN EL ÁREA ORAL (BIOPRINTING 3D)	Biomedicina	2018	Darwin Muñoz

Nota: La ubicación de los proyectos en las ramas de la Biotecnología se realizó de acuerdo con las definiciones de la literatura (Orozco, 2019)

## **Anexo 7. Oferta Académica de Maestrías en Biotecnología y áreas relacionadas: Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)**

### **DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

#### **• Plan de estudio**

El plan de estudio está dividido en dos períodos fundamentales:

1. **Período de docencia:** conformado por cuatro (4) módulos, en los cuales se imparten los conocimientos esenciales comunes a todos los doctorantes, imprescindibles para abordar la investigación científica en temas de ciencias ambientales, además de cursos relacionados a la metodología de investigación, formulación y gestión de proyectos.
2. **Período de investigación o formación doctoral:** el aspirante desarrolla un proyecto de investigación acompañado por un asesor. Conformado por los siguientes bloques:
  - Evaluación Comprensiva.
  - Aprobación del proyecto de tesis.
  - Actividades parciales de tesis. Talleres de resultados.
  - Publicación de artículos en revistas científicas.
  - Presentación de ponencias en eventos científicos.
  - Pre-defensa de la tesis de doctorado.
  - Defensa de tesis.

#### **Descripción general del plan de estudio:**

##### **3. Período de docencia o escuela de aspirante.**

Tiene como objetivo la formación teórica y metodológica de los estudiantes de doctorado. La cual consiste de asignaturas obligatorias en el área del conocimiento de las ciencias ambientales, además de cursos en metodología de la investigación, formulación y gestión de proyectos, entre otros, que les permitirá adquirir los conocimientos, habilidades y destrezas para abordar las estrategias fundamentales de la investigación científica que orienten a la realización de proyectos de investigación.

Para la aprobación del proyecto de investigación el estudiante de doctorado debe presentar de forma escrita y en el formato establecido un proyecto de tema de tesis de doctorado y realizar una presentación oral ajustándose al tiempo y al procedimiento establecido.

##### **4. Período de investigación o formación doctoral.**

Para ingresar al período de investigación o formación doctoral el estudiante de doctorado debe haber obtenido los créditos correspondientes al período de docencia.

El período de investigación tiene una duración de mínimo dos (2) años y máximo de cuatro (4) años para que el aspirante defienda la tesis de doctorado. Las actividades se

desarrollan en la modalidad de tutoría. El estudiante de doctorado desarrollará su trabajo de investigación bajo la dirección de su asesor siguiendo el plan de formación previamente aprobado por el comité de Tesis del doctorado. El plan de estudio para el período de investigación consiste en las siguientes actividades obligatorias:

- Presentación del proyecto de tesis en programas de acompañamiento de la investigación.
- Exposición de los avances de la investigación en al menos tres eventos científicos propios del programa.
- Al menos una publicación científica en una revista referenciada, preferiblemente de impacto, en la Web of Science.
- Al menos dos ponencias presentadas en eventos científicos afines al tema ambiental, uno de ellos de carácter internacional con comité de revisión.
- Ejercicio de predefensa de tesis.
- Ejercicio de defensa de tesis.

## PENSUM DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES (DCA) V.2015

Créditos del Programa: 100 Formación General: Formación Especializada: Formación Profesional :

Asignatura		Créditos
<b>Trimestre 1</b>		
DCA601	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION/DISEÑO DE TESIS I	4
DCA602	METODOS AVANZADOS PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD Y BIOSEGURIDAD EN ECOSISTEMAS	4
<b>Trimestre 2</b>		
DCA603	FORMULACION Y GESTION DE PROYECTOS	4
DCA604	TECNICAS ESTADISTICAS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y MANEJO DE DATOS PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS AMBIENTALES	4
<b>Trimestre 3</b>		
DCA605	PROBLEMAS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA	4
DCAE01	ELECTIVA DCA	4
<b>Trimestre 4</b>		
DCA606	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION/DISEÑO DE TESIS II	4
<b>Trimestre 5</b>		
DCA607	EVALUACION COMPRENSIVA	3
DCA608	PRESENTACION PROYECTO DE TESIS	3
<b>Trimestre 6</b>		
DCA609	PRIMER TALLER DE RESULTADOS 01	7
<b>Trimestre 7</b>		
DCA610	PRIMER TALLER DE RESULTADOS 02	8
<b>Trimestre 8</b>		
DCA611	SEGUNDO TALLER DE RESULTADOS 01	5
<b>Trimestre 9</b>		
DCA612	SEGUNDO TALLER DE RESULTADOS 02	6
<b>Trimestre 10</b>		
DCA613	TERCER TALLER DE RESULTADOS	10
<b>Trimestre 11</b>		
DCA614	PRE DEFENSA, EVENTOS Y PUBLICACIONES	20
<b>Trimestre 12</b>		
DCA615	DEFENSA DE TESIS DCA	10

## MAESTRIA EN CIENCIA DE DATOS (INTEC)

Trimestre	Asignatura/Actividad	Creditos
1	Fundamentos de la Ciencia de Datos con R	1
	Ética y Responsabilidad Social	1
	Metodología de la Investigación	3
2	Matemáticas para la Ciencia de Datos	3
	Lab Matemáticas para la Ciencia de Datos	2
	Análisis Estadístico y Simulación	3
	Lab Análisis Estadístico y Simulación	1
3	Análisis Numérico y Optimización	3
	Lab Análisis Numérico y Optimización	1
	Inteligencia Artificial con Phytion	3
	Lab Inteligencia Artificial con Phytion	1
	Visualización y Preparación de Datos	3
	Lab Visualización y Preparación de Datos	1
4	Machine Learning	3
	Lab Machine Learning	1
	Bases de Datos e Inteligencia de Negocios	3
	Lab Sistemas de Bases de Datos	1
5	Data Mining I	3
	Lab Machine Learning	1
	Deep Learning	3
	Lab Deep Learning	1
6	Data Mining II	3
	Lab Data Mining II	1
	Big Data	3
	Lab Big Data	1
7	Análisis de Redes Sociales y Económicas	3
	Lab Anal. Redes Sociales y Económicas	1
	Curso Electiva Área Especializada I	2
8	Lab Cloud Computing	1
	Curso Electiva Área Especializada II	2
	Proyecto Final	3

**Anexo 8. Oferta Académica de Maestrías en Biotecnología y áreas relacionadas:  
Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)**

**MAESTRIA EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

<b>PROPEDEUTICO</b>				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
MAT-8000	MATEMÁTICA PARA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	48	0	00
INQ-8100	INTRODUCCIÓN AL BALANCE DE MATERIA	48	0	00

Costo de Inscripción y Propedeutico

<b>PRIMER MÓDULO (11 CRÉDITOS)</b>				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
INQ-8160	CICLO BÁSICO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	48	0	03
QUI-8130	QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS	32	32	03
MIP-8310	MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS	32	32	03
INQ-8150	TECNOLOGÍA COMPUTACIONAL	32	0	02

<b>SEGUNDO MÓDULO (11 CRÉDITOS)</b>				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
INQ-8210	BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA	32	0	02
INQ-8220	INGENIERÍA DE ALIMENTOS	48	0	03
FIL-8510	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	48	0	03
INQ-8340	TECNOLOGÍA DE FRUTAS Y VEGETALES	32	32	03

<b>TERCER MÓDULO (10 CRÉDITOS)</b>				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
INQ-8230	DISEÑO Y GERENCIA DE PROYECTOS	32	0	02
INQ-8540	SISTEMAS DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	48	0	03
INQ-8550	TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS CÁRNICOS	32	32	03
INQ-8620	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	32	0	02

<b>CUARTO MÓDULO (8 CRÉDITOS)</b>				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
INQ-8510	TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS LÁCTEOS	32	32	03
INQ-8520	TECNOLOGÍA DE CEREALES	32	32	03
INQ-8630	EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS	32	0	02

<b>QUINTO MÓDULO (12 CRÉDITOS)</b>				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
INQ-8690	TESIS DE MAESTRÍA	00	0	12

## MAESTRIA EN INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

PROPEDEUTICO				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8500	ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERIA AMBIENTAL	16	0	00
EST-8520	ESTADISTICA GENERAL	16	0	00
FIL-8502	ELABORACION Y PREPARACION DE DOCUMENTOS	16	0	00

Costo de Inscripción y Propedeuticc

PRIMER MÓDULO (8 CRÉDITOS)				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
DER-8103	LEGISLACION AMBIENTAL	32	0	02
CIV-8512	HIDROLOGIA APLICADA	48	0	03
CIV-8513	HIDRAULICA GENERAL	48	0	03

SEGUNDO MÓDULO (7 CRÉDITOS)				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8524	CONTAMINACION HIDRICA	32	32	03
CIV-8525	SISTEMA HIDROSANITARIOS EN EDIFICACIONES	32	0	02
CIV-8526	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	32	0	02

TERCER MÓDULO (8 CRÉDITOS)				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8538	CONTAMINACION ATMOSFERICA	48	0	03
CIV-8539	PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO	48	0	03
FIL-8532	ETICA PROFESIONAL Y AMBIENTAL	32	0	02

CUARTO MÓDULO (9 CRÉDITOS)				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8541	EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL	48	0	03
CIV-8542	SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y DRENAJE URBANO	48	0	03
FIL-8510	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA	48	0	03

QUINTO MÓDULO (8 CRÉDITOS)				
Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8550	GESTION DE RESISDUOS SOLIDOS	48	0	03
CIV-8551	DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO	48	0	03
IEG-8553	SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	32	0	02

## SEXTO MÓDULO (3 CRÉDITOS)

Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8560	ECONOMIA AMBIENTAL	48	0	03

## SEPTIMO MÓDULO (12 CRÉDITOS)

Clave	Asignatura	HT	HP	CR
CIV-8570	TESIS DE MAESTRÍA	00	0	12

### MAESTRIA EN EXTENSION AGROPECUARIA Y FORESTAL

Código : 90283

Recinto: UASD-SEDE

Promoción : 2017-2019

#### 01 Módulo

Clave	Asignatura	HT	HP	CR	Prerrequisito
WAG-8100	DISEÑO DE EXPERIMENTOS AGRICOLAS	32	32	03	
WAG-8400	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION AGRICOLA	16	32	02	
ECN-8321	AGRONOMICOS Y ECONOMIA AGROPECUARIA	32	32	03	
WAG-8403	SEMINARIO EN INVESTIGACION AGRICOLA I	16	0	01	
WAG-8307	ANALISIS INTEGRAL DE LA REALIDAD RURAL DOMINICANA	32	32	03	
<b>Total Módulo</b>		<b>128</b>	<b>128</b>	<b>12</b>	

#### 02 Módulo

Clave	Asignatura	HT	HP	CR	Prerrequisito
WAG-8102	EL SUELO COMO ELEMENTO DEL CAMBIO RURAL	32	32	03	
WAG-8302	AGROBIOTECNOLOGIA	16	32	02	
WAG-8303	EXTENSION AGROPECUARIA Y FORESTAL	16	32	02	
WAG-8304	INNOVACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Y FORESTAL	48	0	03	
GEO-8180	EL CLIMA Y CAMBIO CLIMATICO	16	32	02	
<b>Total Módulo</b>		<b>128</b>	<b>128</b>	<b>12</b>	

#### 03 Módulo

Clave	Asignatura	HT	HP	CR	Prerrequisito
WAG-8305	PRODUCCION AGROPECUARIA Y SOSTENIBILIDAD	32	32	03	
WAG-8104	MANEJO Y CONSERVACION DE RECURSOS NATURALES	16	32	02	
WAG-8306	DESARROLLO RURAL Y GOBERNANZA	16	32	02	
WAG-8308	POLITICA TERRITORIAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO	16	32	02	
WAG-8409	SEMINARIO EN INVESTIGACION AGRICOLA II	16	0	01	
<b>Total Módulo</b>		<b>96</b>	<b>128</b>	<b>10</b>	

#### 04 Módulo

Clave	Asignatura	HT	HP	CR	Prerrequisito
WAG-8103	FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO RURAL	32	32	03	
WAG-8320	BIOTICA AGROPECUARIA	32	0	02	
WAG-8105	EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL	32	32	03	
<b>Total Módulo</b>		<b>96</b>	<b>64</b>	<b>8</b>	

#### 05 Módulo

Clave	Asignatura	HT	HP	CR	Prerrequisito
AG-8480	TESIS DE LA MAESTRIA	0	0	12	
<b>Total Módulo</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	

JASD-SEDE

SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

Sección de Currículum  
 06/03/2017 04:38:49 PM

FG/SR/ff

Resumen		
Horas Teóricas	Horas Prácticas	Total Créditos
448	448	54

Erickson Francisco R..... / 2017

**Anexo 9. Oferta Académica de Maestrías y Especialidades en Biotecnología y áreas relacionadas: Instituto Superior Agropecuario (ISA)**

**MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA VEGETAL**

**Primer Cuatrimestre**

Clave	Nombre de la Asignatura	Créditos	Pre-Requisito	Co-Requisito
BIT-511	Biología	2	-	BIT-511L
BIT-511L	Lab. Biología	1	-	BIT-511
BIT-512	Botánica	2	-	BIT-512L
BIT-512L	Lab. Botánica	1	-	BIT-512
BIT-513	Método Estadístico y Diseño Experimental	2	-	-
BIT-514	Métodos de Inv. y Revisión Reportes de Literatura Científica	3	-	-
BIT-515	Química Orgánica	2	-	BIT-515L
BIT-515L	Lab. Química Orgánica	1	-	BIT-515

**Segundo Cuatrimestre**

Clave	Nombre de la Asignatura	Créditos	Pre-Requisito	Co-Requisito
BIT-516	Fisiología Vegetal	2	BIT-511/BIT-512	BIT-516L
BIT-516L	Lab. Fisiología Vegetal	1	BIT-511/BIT-512	BIT-516
BIT-517	Microbiología	2	BIT-511	BIT-517L
BIT-517L	Lab. Microbiología	1	BIT-511	BIT-517
BIT-518	Bioquímica	2	BIT-511/BIT-515	BIT-518L
BIT-518L	Lab. Bioquímica	1	BIT-511/BIT-515	BIT-518
BIT-519	Seminario I	1	BIT-511/BIT-514	-
BIT-603	Tesis I	3	BIT-513/BIT-514	-

**Tercer Cuatrimestre**

Clave	Nombre de la Asignatura	Créditos	Pre-Requisito	Co-Requisito
BIT-520	Cultivos de Células y Tejidos	2	BIT-516/BIT-517	BIT-520L
BIT-520L	Lab. Cultivos de Células y Tejidos	1	BIT-516/BIT-517	BIT-520
BIT-521	Genética	2	BIT-516	BIT-521L
BIT-521L	Lab. Genética	1	BIT-516	BIT-521
BIT-522	Seminario II	1	BIT-519	-

**Anexo 9. (continuación)**

BIT-603	Tesis II	4	BIT-603	-
---------	----------	---	---------	---

**Cuarto Cuatrimestre**

Clave	Nombre de la Asignatura	Créditos	Pre-Requisito	Co-Requisito
BIT-523	Técnica en Biotecnología	2	BIT-520/BIT-521	BIT-523L
BIT-523L	Lab. Técnica en Biotecnología	1	BIT-520/BIT-521	BIT-523
BIT-524	Seminario III	1	BIT-522	-
BIT-603	Tesis III	5	BIT-603	-

**Cursos Opcionales**

Clave	Nombre de la Asignatura	Créditos	Pre-Requisito	Co-Requisito
BIT-525	Biotecnología Agrícola y Pecuaria	2	-	BIT-525L
BIT-525L	Lab. Biotecnología Agrícola y Pecuaria	1	-	BIT-525
BIT-526	Analítica Instrumental	2	-	BIT-526L
BIT-526L	Lab. Analítica Instrumental	1	-	BIT-526
BIT-527	Bioseguridad	3	-	
BIT-528	Mejoramiento Genético de Plantas	2	-	BIT-528L
BIT-528L	Lab. Mejoramiento Genético de Plantas	1	-	BIT-528

Anexo 10. Oferta Académica de Maestría en Biotecnología: Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM)



**PUCMM**

Pontificia Universidad Católica  
Madre y Maestra

**MAESTRIA EN  
INVESTIGACION BIOMEDICA**

Trabajo colaborativo e interdisciplinario donde convergen la medicina, la biología, la bioquímica, la biología molecular, la genética y otras ciencias y disciplinas de la salud.

WWW



# MAESTRIA EN INVESTIGACIÓN BIOMEDICA

## PRESENTACION

La investigación Biomédica constituye uno de los sectores más dinámicos y con mayor impacto en la sociedad actual. Su objetivo fundamental es profundizar en el conocimiento de los mecanismos moleculares, bioquímicos, celulares, genéticos, fisiopatológicos y epidemiológicos de las enfermedades humanas, así como desarrollar o mejorar su diagnóstico y establecer estrategias para su prevención y tratamiento.

En las últimas décadas se han producido grandes avances científicos en las diferentes disciplinas implicadas en este sector, lo que ha permitido conocer el organismo humano, los fundamentos biológicos que explican su funcionamiento en estado de salud, y las bases celulares y moleculares de las enfermedades.

La investigación científica posibilita, por tanto, la obtención de nuevos conocimientos y constituye uno de los aspectos distintivos de una institución de educación superior de calidad. Bajo este prisma, la PUCMM apuesta por "la búsqueda de nuevos conocimientos que respondan a los problemas sociales y las exigencias del bien común", y

por "el aumento de la masa crítica de investigadores que puedan acometer proyectos de alcance".

Como resultado de todo ello surge este master, el cual tiene como finalidad principal preparar y formar profesionales que desarrollaran su actividad en la investigación científica biomédica, en el contexto de un escenario altamente competitivo, que requiere abordajes temáticos integrales, capaces de ejecutar programas coordinados de investigación que incluyan grupos de investigación básica e investigación aplicada, entre otros.

Para ello, la PUCMM cuenta con los laboratorios y recursos necesarios y tiene diferentes líneas de investigación en ejecución.

Este master pretende ser, por tanto, una oferta de Postgrado de calidad, potencialmente útil para las Licenciaturas de Medicina, Nutrición, Psicología, Biología, Química y Farmacia. Así mismo, este programa se plantea como una oportunidad formativa para egresados de estas y otras titulaciones relacionadas, procedentes de universidades extranjeras, que deseen continuar sus estudios universitarios en estos campos del conocimiento.

## OBJETIVOS

El programa de Maestría en Biomedicina pretende formar un grupo de profesionales orientados a la investigación, que reúnan las cualidades básicas de espíritu científico crítico, aptitud para el diseño experimental, habilidad práctica en el laboratorio y capacidades comunicativas y de trabajo en equipo.

- Iniciar a los alumnos del programa en la investigación, mediante el desarrollo de un proyecto y dotarlos de las habilidades necesarias que se adquieren en el trabajo del laboratorio experimental, con supervisión directa de expertos.

- Ofrecer una base sólida, amplia y homogénea para enfrentarse a la profesión médica, con un conocimiento más elaborado de la biomedicina, o incluso para poder iniciar programas de doctorado orientados a la investigación biomédica, tanto básica como aplicada.

- Dotar a los alumnos del programa de un sentido ético de la investigación para realizar un servicio eficaz a la sociedad, con la honradez, responsabilidad, capacidad de trabajo en equipo y espíritu solidario.



## DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS

Duración: 1 año y 8 meses, divididos en 5 periodos académicos, 50 créditos.

Bloque Conceptuales	ANO 1						ANO 2					
	Periodo 1	T	P	C	Periodo 2	T	P	C	Periodo 3	T	P	C
<b>Módulos Básicos</b>	Metodología y Seguridad en Investigación Biomédica	3	0	3	Bioestadística y Diseño de Experimentos	3	0	3	Comunicación y Discusión Científica	2	0	2
	Ética de la Investigación Biomédica	2	0	2	Seminario Especial	1	0	1	Ingeniería Biomédica	3	0	3
<b>Módulos Generales</b>	Técnicas de Biología Molecular y Celular	3	0	3	Cultivos Celulares	2	0	2	Infección. Inflamación e Inmunidad			
					Técnicas ómicas y Biología de Sistemas	3	0	3	Nanotecnología y sus Aplicaciones en Biomedicina	3	0	3
<b>Asignaturas Optativas (para elegir 2)</b>									Células Madre. Proliferación y Diferenciación Celular	2	0	2
									Biología Celular y Molecular del Cáncer	2	0	2
									Terapia Génica y Medicina Personalizada	2	0	2
									Modelos Animales en Investigación Biomédica	2	0	2
<b>Módulo de</b>									Proyecto de Investigación I	0	10	5
									Proyecto de Investigación II	0	26	13
<b>Total de Créditos</b>										8		9
										8		16

Total de Créditos 50

### PERFIL REQUERIDO

Este programa está dirigido a egresados de las Licenciaturas de Medicina, Nutrición, Psicología, biología, Química, Farmacia, entre otras, que deseen profundizar su conocimiento y especializarse en el

área de la Investigación Biomédica. Así mismo, a docentes universitarios y a investigadores que deseen incrementar y actualizar sus conocimientos en el campo.

### TITULACION

Este programa conduce al título de Magister en Investigación Biomédica de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra.

**Anexo 11. Oferta Académica de Maestría en Biotecnología: Instituto Superior de Formación Docente “Salome Ureña” (ISFODOSU)**

**MAESTRÍA EN BIOLOGÍA.**

Denominación del título: **Maestría en Biología.**

Título a otorgar: **Magíster en Biología**

- Mención Fauna y Flora.
- Mención Conservación
- Mención Biotecnología y Biología Molecular

La Maestría en Biología ofrece formación actualizada con un nivel superior de especialización y responde a las necesidades de la realidad de la enseñanza secundaria dominicana. Este programa tiene tres vertientes de experticie, o menciones:

- Flora y Fauna
- Conservación de Recursos Naturales
- Biotecnología y Biología Molecular.

En cada una de ellas, se ofrecen una variedad de tópicos de investigación, que apuntan al desarrollo de competencias formativas, cognitivas e investigativas que contribuyen a formar un profesional calificado de alto nivel para la solución de problemas e interrogantes actuales de la Biología que alcancen un impacto positivo desde el punto de vista social, económico y científico.

Desarrollará una gran capacidad para trabajar en equipo donde tendrá la oportunidad de ofrecer sus potencialidades individuales. También, recibirá una formación integral en cada una de las disciplinas científicas de las líneas que se ofrecen de tal manera que estará en condiciones de asumir retos individuales, colectivos y sociales desde una perspectiva ética y científica.

**Objetivos del Programa:**

- Contribuir a la formación de individuos capaces de aplicar sus conocimientos en la solución de problemas relacionados con las Ciencias Biológicas y ejercer su profesión con bases sólidas en la disciplina.
- Brindar los conocimientos para el desarrollo de investigaciones científicas y la docencia.

Tras cumplir con las estrategias de aprendizaje que correspondan al desarrollo de competencias particulares del programa que está cursando, el egresado mostrará capacidad para:

- El estudio de la composición y funcionamiento de los seres vivos a nivel micro y macro.
- Explicar las diferentes técnicas de análisis y microscopias en la identificación de microorganismos.
- Analizar la clasificación binominal de los seres vivos. Móneras, protistas, fungi, plantae y animalia.

En particular, en cada una de las menciones:

Mención Flora y Fauna:

- Explicar las características generales de las poblaciones de aves, reptiles, mamíferos y animales marinos endémicos de la República Dominicana y sus ciclos de vida.
- Analizar las interacciones de los animales y plantas que integran los diversos ecosistemas.
- Explicar el proceso de identificación y registro de nuevas especies.

Mención Conservación de Recursos Naturales:

- Explicar las teorías a favor y en contra sobre el impacto del cambio climático en los diversos ecosistemas existentes en el planeta.
- Estructurar propuesta de investigaciones para evaluar impacto de elementos exógenos en ecosistemas.
- Identificar los ecosistemas acuáticos y terrestres de la República Dominicana y sus características generales y específicas.

Mención de Biotecnología y Biología Molecular:

- Identificar las herramientas básicas y el material biológico empleado en Biotecnología.
- Reflexionar sobre las problemáticas ambientales y describe las soluciones biotecnológicas.
- Explicar el proceso científico que sustenta la biotecnología dirigida al diagnóstico, prevención y la terapia en el área de la salud.

<b>Total de créditos</b>	54
<b>Total de horas</b>	1260
<b>Total de horas teóricas</b>	465
<b>Total de horas prácticas</b>	480
<b>Total de horas de investigación</b>	315
<b>Total asignaturas</b>	18 + 1 Tesis
<b>Duración</b>	6
<b>Orientación</b>	Investigación

## **Anexo 12. Oferta Académica de Maestría en Biotecnología y áreas relacionadas: Universidad Abierta para Adultos (UAPA)**

La Maestría en Big Data e Inteligencia de Negocios es una oportunidad que brinda la UAPA como punto de partida para la formación de especialistas en Bioinformática, además de ofrecer habilidades de programación y manejo de datos requeridas para la formación de postgrado en Biotecnología.

### **MAESTRÍA EN BIG DATA E INTELIGENCIA DE NEGOCIOS**

Pénsum vigente a partir de 2020 (Fuente: <https://www.uapa.edu.do/wp-content/uploads/2022/09/>)

#### **PRIMER TRIMESTRE**

CLAVE	ASIGNATURA	HT	HP	HIT	HEI	CR	Pre-Req
MBD-101	Fundamentos Big Data	15	60	0	0	2	Licenciatura
MBD-102	Ética Informática	45	0	0	0	3	Licenciatura
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	

#### **SEGUNDO TRIMESTRE**

MBD-103	Bases de Datos SQL	30	60	0	0	3	MBD-101
MBD-104	Fundamentos de Estadística	15	60	0	0	2	MBD-103
MBD-105	Metodología de la Investigación	30	60	0	0	3	Licenciatura
<b>TOTAL</b>		<b>75</b>	<b>180</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	

#### **TERCER TRIMESTRE**

MBD-106	Base de Datos NoSQL	15	120	0	0	3	MBD-103
MBD-107	Programación Phyton	15	120	0	0	3	MBD-106
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>240</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	

#### **CUARTO TRIMESTRE**

MBD-209	Inteligencia de Negocios	30	60	0	0	3	MBD-107
MBD-108	Programación en R	15	120	0	0	3	MBD-209
MTT-101	Taller de Tesis I	0	60	0	0	1	
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>240</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	

#### **QUINTO TRIMESTRE**

MBD-210	Data Mining con R	15	120	0	0	3	MBD-108
MBD-211	Infraestructura de Big Data	30	60	0	0	3	MBD-210
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>180</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	

#### **SEXTO TRIMESTRE**

MBD-212	Deep Learning	15	120	0	0	3	MBD-210
MBD-213	Aplicaciones de Machine Learning	15	120	0	0	3	MBD-210
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>240</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	

#### **SEPTIMO TRIMESTRE**

MCS-205	Aplicaciones analíticas de Big Data	15	120	0	0	3	MBD-213
MCS-206	Text Mining y procesamiento	15	120	0	0	3	MBD-213
MTT-202	Taller de Tesis II	0	60	0	0	1	MTT-101
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>300</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	

#### **OCTAVO TRIMESTRE**

MTT-203	Tesis de Maestría	0	240	0	0	8	Todas las Asignaturas
---------	-------------------	---	-----	---	---	---	--------------------------

### **GRADO ACADÉMICO: MAGÍSTER EN BIG DATA E INTELIGENCIA DE NEGOCIOS**

### **Anexo 13. Propuesta de Mapa Curricular de Doctorado Consorciado en Biotecnología entre Instituciones de Educación Superior, República Dominicana.**

**IES COORDINADORA:** UASD

**IES CONSORCIADAS-RD:** ISA, IIBI, IDIAF, UNPHU, PUCMM, INTEC, UTESA, UCE, ISFODOSU, LOYOLA, UNAPEC, UAPA.

**IES CONSORCIADAS EXTRANJERAS:** Universidad de Barcelona (España), Instituto Tecnológico de California, Caltech (EE.UU.), Universidad de Harvard (EE.UU.) y el Instituto Tecnológico de Massachussets, MIT (EE.UU.)

#### **MÓDULO BÁSICO:**

<b>TEMA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
Diseño de Proyectos de Investigación (DPI)	3
Estadística y Diseño Estadístico de Experimentos (EDE)	3
Aspectos Regulatorios en Biotecnología (ARE)	2
MS Excel y Power Point (MS)	2
Tópicos Selectos de Biotecnología (TSB)	2
<b>Totales</b>	<b>12</b>

#### **1. MENCIÓN BIOTECNOLOGÍA DE LAS PLANTAS**

**IES-RD CONSORCIADA:** IIBI, IDIAF

**IES EXTRANJERA CONSORCIADA:** Universidad de Barcelona (España)

#### **MÓDULO DE ESPECIALIZACIÓN:**

<b>TEMA</b>	<b>CRÉDITOS *</b>
Análisis Instrumental en Biotecnología	3
Ecofisiología Vegetal	3
Biología Molecular de las Plantas	3
Fisiología Celular de las Plantas	3
Microbiología Avanzada	3
Genética y Mejoramiento Genético de Plantas	3
Presentación de Proyecto de Investigación (Seminario I)	3
<b>Total</b>	<b>21</b>

\*Incluye Prácticas de Laboratorio

**MÓDULO ELECTIVO:**

TEMA	CRÉDITOS
Tópicos Avanzados de Bioprocesos	2
Modelación de Sistemas Biológicos	2
Bioinformática y Biodiversidad	2
Cultivo de Células y Tejidos	2
Lenguaje de Programación (Phyton, SQL, MatLab)	2
Toxicología Avanzada	2

**2. MENCIÓN BIOMEDICINA Y BIOTECNOLOGÍA FARMACÉUTICA**

**PROPUESTA DE SEDE:** PUCMM

**IES-RD CONSORCIADA:** UNPHU, UNIBE, UCE, UTEA, ISFODOSU

**IES EXTRANJERA CONSORCIADA:** Instituto Tecnológico de California (Caltech), Estados Unidos.

**MÓDULO DE ESPECIALIZACIÓN:**

TEMA	CRÉDITOS*
Diseño de Protocolos de Ensayos Clínicos	3
Bioética en la Investigación Médica	3
Epidemiología Avanzada	3
Modelación de Sistemas Biológicos	3
Epigenética Molecular	3
Diseño de Formulaciones Farmacéuticas	3
Presentación de Proyecto de Investigación (Seminario I)	3
<b>Total</b>	<b>21</b>

\*Incluye Prácticas de Laboratorio

**MÓDULO ELECTIVO:**

TEMA	CRÉDITOS
Fundamentos de la Investigación Multi-Ómica	2
Farmacología Celular y Molecular	2
Genética Molecular y Celular	2
Ingeniería de Tejidos y Medicina Regenerativa	2

Edición de Genes y ARNs no codificantes.	2
Lenguaje de Programación (Phyton, SQL, MarLab)	2

### **3. MENCIÓN BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE SEDE:** INTEC

**IES-RD CONSORCIADA:** Instituto LOYOLA, UASD, UNAPEC, UNIBE.

**IES-EXTRANJERA CONSORCIADA:** Universidad de Harvard, Estados Unidos

#### **MÓDULO DE ESPECIALIZACIÓN:**

<b>TEMA</b>	<b>CRÉDITOS *</b>
Ingeniería de Procesos Biotecnológicos	3
Tópicos Avanzados de Bioprocesos	3
Diseño y Propiedades de Biorreactores	3
Ingeniería de Bioseparaciones	3
Modelación de Procesos Biológicos	3
Bioinformática y Biodiversidad	3
Presentación de Proyecto de Investigación (Seminario I)	3
<b>Total</b>	<b>21</b>

\*Incluye Prácticas de Laboratorio

#### **MÓDULO ELECTIVO:**

<b>TEMA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
Ingeniería Genética	2
Enzimología y Biocatálisis	2
Cultivo de Células y Tejidos	2
Microbiología Avanzada	2
Aprendizaje Automático (Machine Learning)	2
Lenguaje de Programación (Phyton, SQL, MatLab)	2

#### **4. MENCIÓN CIENCIA DE DATOS**

**PROPUESTA DE SEDE:** UAPA

**IES-RD CONSORCIADA:** INTEC

**IES EXTRANJERA CONSORCIADA:** Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), Estados Unidos.

##### **MÓDULO DE ESPECIALIZACIÓN:**

<b>TEMA</b>	<b>CRÉDITOS*</b>
Fundamentos, Infraestructura y Aplicaciones Big Data	3
Minería de Datos con Programación R	3
Aprendizaje Automático (Machine Learning)	3
Bioinformática	3
Modelación de Procesos Biológicos	3
Tópicos Avanzados de Bioestadística	3
Presentación de Proyecto de Investigación (Seminario I)	3
Total	<b>21</b>

\*Incluye prácticas de laboratorio.

##### **MÓDULO ELECTIVO:**

<b>TEMA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
Aprendizaje Profundo (Deep Learning)	2
Ciencia de Datos y Aplicaciones	2
Sistemas Bio-inspirados (Algoritmos)	2
Neurociencia Computacional	2
Biomimética	2
Lenguaje de Programación (Phyton, SQL, MatLab)	2

**MAPA CURRICULAR DOCTORADO CONSORCIADO EN  
BIOTECNOLOGÍA IES REPÚBLICA DOMINICANA**

<b>Trimestre I</b> DPI MS Selección de Director de Tesis Electivo I	<b>Trimestre II</b> EDE ARE Electivo II Seminario de Investigación I	<b>Trimestre III</b> TSB Electivo III Especialización I Seminario de Investigación II	<b>Trimestre IV</b> Electivo IV Especialización II Presentación Proyecto de Investigación de Tesis
<b>Trimestre V</b> Especialización III Investigación dirigida I Investigación de Tesis I	<b>Trimestre VI</b> Investigación dirigida II Investigación de Tesis II Seminario de Tesis I	<b>Trimestre VII</b> Investigación de Tesis III	<b>Trimestre VIII</b> Investigación de Tesis IV Seminario de Tesis II
<b>Trimestre IX</b> Investigación de Tesis V Artículo científico I	<b>Trimestre X</b> Investigación de Tesis VI Seminario de Tesis III	<b>Trimestre XI</b> Escritura de Tesis Artículo científico II	<b>Trimestre XII</b> Entrega Memoria de Tesis Predefensa de Tesis Defensa de Tesis

**Leyenda**

<b>DPI</b>	Diseño de Proyectos de Investigación
<b>EDE</b>	Estadística y Diseño Estadístico de Experimentos
<b>ARE</b>	Aspectos Regulatorios en Biotecnología
<b>MS</b>	MS Excel y Power Point
<b>TSB</b>	Tópicos Selectos de Biotecnología