

COMPETENCIAS Y HABILIDADES PARA EL DISEÑO CURRICULAR EN LA FORMACIÓN DE POSTGRADO EN BIOTECNOLOGÍA, REPÚBLICA DOMINICANA

Competences and skills for curricular design in biotechnology postgraduate formation, Dominican Republic

Omar Solís^a

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7978-0649>

Alberto Núñez^b

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-4593>

Recibido: 6/08/2023 • Aprobado: 10/01/2024

Cómo citar: Solís, O., & Núñez, A. (2024). Competencias y habilidades para el diseño curricular en la formación de postgrado en biotecnología, República Dominicana. *Ciencia y Educación*, 8(1), 5–21. <https://doi.org/10.22206/cyed.2024.v8i1.2918>

Resumen

La oferta académica de postgrado en Biotecnología de las Instituciones de Educación Superior dominicanas es aún insuficiente. Resulta necesario hacer un análisis de las competencias que deben ser contempladas para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología en República Dominicana. Se realizó un estudio cuantitativo de corte transversal mediante entrevistas a 30 expertos dominicanos de la Biotecnología, mediante un cuestionario de 45 competencias y habilidades, cuyos resultados se compararon con las competencias y habilidades requeridas en Estados Unidos y Reino Unido. Se propone un marco de referencia de competencias, habilidades técnicas y otras habilidades que no difiere sustancialmente de las prioridades que se otorgan en esos países. Se identificaron competencias y habilidades que se complementan con el desarrollo actual de la Biotecnología (Bioinformática y Telemedicina). Las competencias en habilidades de negocios del sector biotecnológico es un campo emergente a ser considerado en el diseño curricular.

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

Abstract

The postgraduate academic offer in Biotechnology of the Dominican High Education Institutions is not enough. It is needed an analysis of competences which must be considered for the postgraduate curricular design in Biotechnology. A cross-sectional quantitative study was done through interviews to 30 dominican experts in Biotechnology, according to a questionnaire including 45 competences and skills, and results were compared with required competences and skills in United States and United Kingdom. A framework of competences, technical skills, and other skills is proposed, which does not differ essentially as compared to the priorities of those countries. Competences and skills which complement the present biotechnological development, (Bioinformatics and Telemedicine), were identified. Skills and competences in the field of biotechnological businesses are an emerging sector to be considered in the curricular design.

Keywords: curriculum design, competences, postgraduate education, biotechnology, research training.

^a Universidad Abierta para Adultos (UAPA), Santiago de los Caballeros, República Dominicana. Correo-e: omar.solis@gmail.com

^b Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU), Santo Domingo, República Dominicana. Correo-e: alnunez@unphu.edu.do



Introducción

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 (Prochaska & Schiller, 2021). 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” (Ustundag & Cevikcan, 2018). 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*) (Massabni & da Silva, 2019). 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 técnicas y digitales, las cuales deben formar parte de dicho diseño curricular (Treanor *et al.*, 2021). Experiencias interesantes con ese propósito han sido desarrolladas en Turquía (Gurkan & Kahraman, 2022), Brasil

(Muñiz de Pádua *et al.*, 2018), Sudáfrica (Fossey, 2012), China (Liu *et al.*, 2021) y México (Membri-llo-Hernández *et al.*, 2019). En el caso específico de República Dominicana, el desarrollo de la Biotecnología y la formación de recursos humanos especializados ha sido considerado por el Estado como una de las prioridades de desarrollo del país, junto al desarrollo de la industria del software, las nanotecnologías y la mecatrónica (SEECYT, 2008); sin embargo, la oferta académica de postgrado de las Instituciones de Educación Superior (IES) dominicanas es aún insuficiente, según un trabajo publicado recientemente (Solís Ramírez & Núñez Sellés, 2023). Solo 11 de 35 IES dominicanas encuestadas tienen incluida alguna oferta académica de postgrado en Biotecnología o áreas afines. El balance del estado actual de las investigaciones científicas en diferentes campos de la Biotecnología en República Dominicana ha mostrado la concentración en las actividades de Biotecnología Vegetal y Agropecuaria, y en un menor grado la Biomedicina, con poco énfasis en otros campos.

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.

El presente manuscrito realiza un análisis de estos niveles de construcción del conocimiento mediante la adquisición de competencias, habilidades técnicas y otras habilidades (incluidas las digitales), que deben ser contemplados en el diseño curricular de los planes y programas de estudio en el sistema de postgrado en Biotecnología. El propósito final es tratar de cubrir la brecha que existe con el desarrollo de la disciplina a nivel mundial. Para cumplir ese objetivo, se realizaron entrevistas a varios especialistas de larga tradición en República Dominicana en la docencia y la investigación en áreas de la Biotecnología, así como a gerentes de empresas biotecnológicas dominicanas. Finalmente, se realizó la comparación con datos publicados acerca de las competencias y habilidades que exigen empresas biotecnológicas de países con tradición y alto desarrollo de la Biotecnología, como los Estados Unidos (EE.UU.) y Reino Unido (R.U.). Estos resultados deben constituir la base sobre la cual se propone realizar el diseño curricular, así como los futuros planes de estudio y programas del

sistema de postgrado en Biotecnología de las IES de República Dominicana.

Metodología

Se realizó un estudio cuantitativo de corte transversal mediante entrevistas a un grupo de 30 expertos dominicanos en Biotecnología, de acuerdo con un cuestionario de 45 competencias y habilidades, diseñado a partir de los resultados publicados (Lavrynenko *et al.*, 2018), que permitiese la comparación posterior de resultados. Los datos de los entrevistados fueron analizados de forma anónima, para lo cual se asignó un código a cada personalidad, y sus nombres no se publican a los efectos éticos de la investigación.

Entrevistas. Se realizó la entrevista, con carácter anónimo, según instrumento que se muestra en la Tabla 1. El 80% de la muestra estuvo compuesta de docentes e investigadores de IES dominicanas con más de 15 años de experiencia en el campo, seleccionados a partir de la base de datos de los Proyectos del Fondo de Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, República Dominicana (FONDOCYT, s.f.), y el 20% correspondió a personal técnico o gerentes de empresas biotecnológicas dominicanas. El cuestionario se diseñó a partir de una tabla de competencias, habilidades técnicas y otras habilidades, incluyendo las habilidades digitales, que el entrevistado evaluó en orden decreciente de prioridad. A los fines del análisis comparativo de los resultados, las competencias y habilidades incluidas en la Tabla 1 se seleccionaron a partir de un estudio similar realizado en los EE.UU. y R.U. (Lavrynenko *et al.*, 2018) Para cada epígrafe se confeccionó el estadígrafo correspondiente y se determinó el orden de prioridad, 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.

Tabla 1

Cuestionario de entrevista a docentes e investigadores de Instituciones de Educación Superior y gerentes o técnicos de empresas biotecnológicas dominicanas

| No | Pregunta |
|----|--|
| 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 República 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 Contenidos para la definición de Competencias

| No | Descripción | No | Descripción | No | Descripción |
|----|--------------------------|----|-------------------------|----|-------------------|
| | Desarrollo de productos | | Ensayos <i>in vitro</i> | | Enzimología |
| | Secuenciación de genes | | Ensayos <i>in vivo</i> | | Técnicas ADN/ARN |
| | Técnicas de purificación | | Anticuerpos | | Diseño de ensayos |
| | Aseguramiento Calidad | | Receptores | | Bioestadística |
| | Control de Calidad | | Microbiología | | Genética |
| | Otra (Favor especificar) | | | | |

3.2 Contenidos para la definición de Habilidades técnicas

| No | Descripción | No | Descripción | No | Descripción |
|----|--------------------------|----|-----------------------|----|-------------------------|
| | 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 | | Microscopía electrónica |
| | Otra (Favor especificar) | | | | |

3.3 Contenidos para la definición de Otras habilidades

| No | Descripción | No | Descripción | No | Descripción |
|----|--------------------------|----|-------------------------|----|--------------|
| | Aspectos Regulatorios | | Bioseguridad | | Bioética |
| | MS Office | | Análisis de información | | Mat Lab |
| | C++ | | Linux | | Unix |
| | Phyton | | SQL | | PHP |
| | Gerencia de lab. (LIMS) | | Trabajo en equipo | | Comunicación |
| | Otra (Favor especificar) | | | | |

Nota. Elaboración propia a partir de los datos de la literatura (Lavrynenko *et al.*, 2018).

Procedimiento. Se determinó el orden de prioridad de las competencias y habilidades según el factor de respuesta de los entrevistados. El factor de respuesta tuvo en cuenta el grado de unanimidad de los entrevistados, de forma decreciente. Un valor de 1.0 significa 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, ..., sucesivamente.

Competencias y habilidades. Se determinaron las competencias genéricas y específicas, así como las habilidades técnicas y digitales, para la formación de postgrado en Biotecnología, teniendo en cuenta las respuestas y prioridades al cuestionario por parte de los expertos. Las competencias genéricas y específicas se redactaron a partir de los resultados del procesamiento del cuestionario, así como de las recomendaciones de la literatura consultada (Van Koller, 2010).

Resultados y discusión

Contenidos para la definición de Competencias

La Tabla 2 muestra, en orden descendente, las prioridades otorgadas por los entrevistados a los contenidos para la definición de competencias que se deben alcanzar en el sistema 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 colocado los órdenes de prioridad respectivos demandados por las empresas empleadoras, según datos publicados (Lavrynenko *et al.*, 2018). En el único contenido donde hubo unanimidad entre los entrevistados fue en el desarrollo de habilidades y conocimientos de las técnicas de extracción de ADN

y ARN, el cual no se consideró prioridad en los EE.UU., mientras que en R.U. se ubicó en la prioridad número 10. Hubo cuatro contenidos con factor = 0.9, pero al aplicar la frecuencia de las prioridades, los siguientes contenidos, en orden de importancia, fueron: la adquisición de habilidades y conocimientos en Microbiología, el desarrollo de productos, las técnicas de purificación y el sistema de procesos y técnicas de control de calidad. Aunque en estos tres últimos contenidos no hubo diferencias importantes con relación a las prioridades que le otorgan en EE.UU. y R.U., fue significativo que en estos países no se incluya la Microbiología como una demanda de la formación de postgrado en Biotecnología. Hubo dos contenidos con factor = 0.8: la adquisición de conocimientos y habilidades en ingeniería genética y el análisis y secuenciación de genes. Mientras que la prioridad de este último contenido fue similar a la que se otorga en EE.UU. y R.U., resultó llamativo que el contenido relacionado con ingeniería genética no sea una prioridad en esos países. Los contenidos de adquisición de conocimientos y habilidades en Enzimología y el diseño y ejecución de ensayos *in vitro* tuvieron un factor = 0.7. Se destacó, de nuevo, la no inclusión del contenido en Enzimología en las demandas de EE.UU. y R.U. El diseño de ensayos de investigación obtuvo un factor = 0.6 y su prioridad fue similar en la comparación con EE.UU. y U.K. Tres contenidos alcanzaron un factor = 0.5, en orden de prioridad: los ensayos *in vivo*, el dominio de técnicas y habilidades para el descubrimiento de anticuerpos y el sistema de conocimientos y dominio de las técnicas de Bioestadística. Resultó significativa la baja prioridad otorgada en República Dominicana a la Bioestadística (prioridad 13) en comparación con EE.UU. (prioridad 3) y R.U. (prioridad 2). Una situación similar se presentó en el contenido relacionado 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, el contenido 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 el contenido relacionado con la adquisición de conocimientos y habilidades en el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Laboratorio no fue incluido como prioridad por parte de los expertos dominicanos, mientras que en EE.UU. y R.U. se ubicaron en las prioridades 10 y 12, respectivamente. Una encuesta similar 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 los contenidos 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 confirman que la prioridad en la elección de contenidos para la definición de competencias depende, en un alto grado, de la realidad socio-cultural de cada país, así como del escenario regulatorio en que se desenvuelve la industria biotecnológica nacional. En el caso del escenario europeo, se ha sugerido un marco de referencia para la industria biotecnológica, con énfasis en la Biotecnología Farmacéutica, que abarca siete grupos de contenidos para la definición 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 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 puede apreciar la diversidad de competencias, según el sector específico de la Biotecnología. Un hallazgo interesante de la investigación fue la prioridad otorgada a los contenidos 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.

La coincidencia en las prioridades otorgadas a los contenidos para la definición de competencias por los expertos dominicanos, en comparación con los resultados de Lavrynenko *et al.* (2018), fue del 73 % (EE.UU.) y 80 % (R.U.). Las mayores diferencias se encontraron en la baja prioridad otorgada por los expertos dominicanos, en comparación con los países mencionados, a los contenidos relacionados con el diseño de ensayos, las técnicas de análisis bioestadístico y los procesos relacionados con el aseguramiento de la calidad de los procesos biotecnológicos. Sin embargo, las altas prioridades otorgadas por los expertos dominicanos a los contenidos relacionados con las técnicas de extracción y purificación de ADN/ARN, ingeniería genética, Microbiología y Enzimología no se correspondieron con la baja o ninguna prioridad que se ha otorgado en los países mencionados. Estos resultados sustentan la necesidad de tener en cuenta no

Tabla 2

Frecuencias de las respuestas a cuestionario (Tabla 1) sobre orden de prioridad de los contenidos para la definición de competencias que se deben alcanzar en 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 Reino Unido

| Contenido para la definición de Competencia | Prioridades de los encuestados (n = 30) | | | | | | | | | | | Factor | Orden de prioridad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----------|--------|--------------------|----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | No Inclu. | | RD | EE. UU.* | U.K.* |
| Técnicas de extracción ADN/ARN | 3 | 3 | 3 | 9 | 5 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 1 | - | 10 |
| Habilidades en Microbiología | 2 | 1 | 7 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 0 | 4 | 2 | 0.9 | 2 | - | - |
| Habilidades en Desarrollo de Productos | 7 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 5 | 4 | 3 | 3 | 0.9 | 3 | 1 | 1 |
| Habilidades en Técnicas de Purificación | 0 | 1 | 8 | 0 | 7 | 2 | 5 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0.9 | 4 | 2 | 6 |
| Habilidades en Control de Calidad | 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 2 | 5 | 2 | 5 | 0.9 | 5 | 4 | 3 |
| Habilidades de Ingeniería Genética | 4 | 7 | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 5 | 0.8 | 6 | - | - |
| Habilidades de Secuenciación de genes | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 3 | 6 | 0.8 | 7 | 8 | 5 |
| Habilidades en Enzimología | 0 | 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 5 | 3 | 9 | 0.7 | 8 | - | - |
| Ensayos in vitro | 0 | 4 | 1 | 0 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 9 | 0.7 | 9 | 5 | 7 |
| Diseño de ensayos | 8 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 12 | 0.6 | 10 | 6 | 9 |
| Ensayos in vivo | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 5 | 3 | 2 | 0 | 1 | 15 | 0.5 | 11 | 11 | 13 |
| Descubrimiento de Anticuerpos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 1 | 0 | 7 | 15 | 0.5 | 12 | 12 | 8 |
| Bioestadística | 0 | 1 | 0 | 4 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 17 | 0.5 | 13 | 3 | 2 |
| Habilidades en Aseguramiento de la Calidad | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 20 | 0.4 | 14 | 7 | 4 |
| Descubrimiento de Receptores | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 27 | 0.2 | 15 | 9 | 11 |
| Conocimiento de Buenas Prácticas de Laboratorio | | | | | | | | | | | | | - | 10 | 12 |

Nota. Elaboración propia a partir de datos publicados (Lavrynenko *et al.*, 2018).

solo las experiencias nacionales, sino además las de aquellos países con mayor desarrollo en este campo, a la hora de definir las competencias en el futuro diseño curricular de un sistema de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.

Contenidos para la Definición de Habilidades Técnicas

La Tabla 3 muestra, en orden descendente, las prioridades otorgadas por los entrevistados a los

contenidos para la definición de habilidades técnicas que se deben alcanzar en el sistema de postgrado en Biotecnología en República Dominicana. En el único contenido 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 (*Polimerase Chain Reaction*), de manera similar a las prioridades que se otorgan en EE.UU. y R.U. Hubo tres contenidos con factor = 0.9, pero al aplicar la frecuencia de las prioridades, los siguientes contenidos, en orden de importancia, fueron: el dominio de las tecnologías de cultivo, 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 un contenido necesario. Hubo tres contenidos con factor = 0.8; en orden decreciente: las técnicas de inmunoanálisis por el ensayo ELISA (*Enzyme-Linked Immuno-Sorbent Assay*), 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 demanda de EE.UU. y R.U., resultó significativo que las técnicas de liofilización no se consideraron como contenidos necesarios en dichos 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 contenidos con factor = 0.7, las técnicas de formulación farmacéutica y las técnicas de cromatografía líquida de alta resolución (*HPLC: High Resolution Liquid Chromatography*), con una prioridad similar a la de EE.UU. y R.U. Los contenidos relacionados con el dominio de las técnicas de análisis de residuales y las técnicas espectrofotométricas alcanzaron valores de 0.6 y 0.5, respectivamente, mientras que dichos contenidos no se incluyeron dentro de las prioridades de EE.UU. y R.U. Los contenidos relacionados con la técnica de citometría de flujo y las técnicas de purificación se ubicaron en las

prioridades 12 (factor = 0.4) y 13 (factor = 0.2), respectivamente. Resultó significativa la baja prioridad otorgada en República Dominicana a dichos contenidos en comparación con EE.UU. y R.U., donde incluso ambos sistemas otorgan la mayor prioridad a las técnicas de purificación en el sistema de habilidades técnicas a alcanzar. De manera similar a lo ocurrido en las prioridades otorgadas a los contenidos para la definición de competencias, en el epígrafe anterior, estos resultados demostraron debilidades en los programas de grado de las IES dominicanas, en cuanto a la inclusión de contenidos, que son necesarios para el dominio de las competencias. La carencia de infraestructura y equipamiento de los laboratorios puede ser una de las causas que pueden explicar esta situación. Una posible alternativa, parecido a lo ocurrido con algunos contenidos (Microbiología, Enzimología e Ingeniería Genética), sería la especialización en dichas habilidades técnicas (Microscopía Electrónica, Liofilización y Espectrofotometría), mediante cursos de postgrado, antes de iniciar la formación del Master o Doctor. No obstante, debe tenerse en cuenta que los resultados de la encuesta, en lo que concierne a los contenidos para la definición de habilidades técnicas, 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 *et al.*, 2020).

La coincidencia en las prioridades otorgadas a los contenidos para la definición de habilidades técnicas por los expertos dominicanos, en comparación con los resultados de Lavrynenko *et al.* (2018), fue del 54 % (EE.UU.) y 62 % (R.U.), cifras mucho más bajas que las coincidencias en el caso de los contenidos para la definición de competencias. Las mayores diferencias se encontraron en la baja prioridad otorgada por los expertos dominicanos, en comparación con los países mencionados, a los contenidos relacionados con las técnicas de purifi-

Tabla 3

Frecuencias de las respuestas a cuestionario (Tabla 1) sobre orden de prioridad de los contenidos para la definición de habilidades prácticas que se deben alcanzar en 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 Reino Unido

| Contenido para la definición de Habilidades Prácticas | Prioridades de los encuestados (n = 30) | | | | | | | | | | | Factor | Orden de prioridad | | |
|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------|--------|--------------------|----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | No incluida | | RD | EE. UU.* | U.K.* |
| Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR) | 14 | 1 | 7 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 1 | 2 | 2 |
| Tecnología de Cultivo | 8 | 6 | 5 | 0 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0.9 | 2 | 6 | - |
| Ensayos de Toxicidad | 0 | 6 | 5 | 7 | 5 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0.9 | 3 | - | 5 |
| Microscopia Electrónica | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0.9 | 4 | - | - |
| ELISA (Inmunoanálisis) | 0 | 11 | 1 | 1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 6 | 0.8 | 5 | 4 | 3 |
| Detección Selectiva por Espectrometría de Masas | 0 | 2 | 1 | 0 | 5 | 5 | 1 | 1 | 2 | | 6 | 0.8 | 6 | - | 4 |
| Liofilización | 0 | 0 | 3 | 5 | 2 | 2 | 7 | 2 | 2 | 1 | 6 | 0.8 | 7 | - | - |
| Formulación Farmacéutica | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 9 | 0.7 | 8 | 7 | 8 |
| HPLC (Cromatografía Líquida) | 1 | 2 | 4 | 2 | 0 | 2 | 1 | 6 | 1 | 2 | 9 | 0.7 | 9 | 3 | 7 |
| Análisis de Residuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 2 | 7 | 0 | 3 | 12 | 0.6 | 10 | - | - |
| Espectrofotometría | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 2 | 2 | 0 | 15 | 0.5 | 11 | - | - |
| Citometría de Flujo | 3 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 18 | 0.4 | 12 | 5 | 6 |
| Técnicas de Purificación | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0.2 | 13 | 1 | 1 |

Nota. Elaboración propia a partir de datos publicados (Lavrynenko *et al.*, 2018).

cación cromatográficas, el dominio de la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la técnica de citometría de flujo. Sin embargo, las altas prioridades otorgadas por los expertos dominicanos a los contenidos relacionados con las técnicas de microscopia electrónica, liofilización, espectrofotometría y el análisis de residuales no se correspondieron con la baja o ninguna prioridad que se le confirió en los países mencionados. Estos resultados demostraron las debilidades en la infraestructura para la docencia de postgrado y la investigación en técnicas instrumentales de escaso desarrollo en el país que deben ser tomadas en cuenta para

solucionar las carencias de infraestructura que deben dar respuesta a la formación de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.

Contenidos para la Definición de Otras Habilidades y Habilidades Digitales

La Tabla 4 muestra, en orden descendente, las prioridades otorgadas por los entrevistados a los contenidos para la definición de otras habilidades, entre ellas las habilidades digitales, que se deben alcanzar en el sistema de postgrado en Biotecnología en República Dominicana. Hubo un mayor grado

de unanimidad en la inclusión de contenidos para otras habilidades a alcanzar, en comparación con los resultados de los contenidos para la definición de competencias y las habilidades técnicas, al haber cuatro contenidos 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 integradas de Gerencia de Laboratorio (*LIMS*) y las habilidades de comunicación. Mientras que los tres últimos tuvieron una prioridad similar a las de EE.UU. y R.U., fue significativo que el contenido de aspectos regulatorios se ubicase en la prioridad 1 en República Dominicana, mientras que en EE.UU. y R.U. se ubicaron en las prioridades 9 y 8, respectivamente. Hubo dos contenidos con factor = 0.9: los conocimientos de Bioseguridad y el dominio de las técnicas de análisis de información, ubicados en las prioridades 5 y 6, respectivamente. De manera significativa, este último contenido fue ubicado en la prioridad 1 de ambos países (EE.UU. y R.U.). Con relación a los contenidos para la definición de las habilidades digitales, la mayor prioridad (número 7) se otorgó al dominio del lenguaje de programación Phyton, de forma similar a 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 (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 el sistema de postgrado en Biotecnología. Sin embargo, R.U. ubicó este contenido 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.

La coincidencia en las prioridades otorgadas a la definición de contenidos para otras habilidades (incluidas las habilidades digitales) por los expertos dominicanos, en comparación con los resultados de Lavrynenko *et al.* (2018), fueron del 93 % (EE.UU.) y 86 % (R.U.), lo que demostró un grado alto de compatibilidad. La mayor diferencia se encontró solamente en la baja prioridad otorgada por los expertos dominicanos, en comparación con los países mencionados, a los contenidos relacionados con las técnicas de análisis de la información y la capacidad de realizar trabajos simultáneos. Sin embargo, las altas prioridades otorgadas por los expertos dominicanos a las habilidades relacionadas con los aspectos regulatorios de la Biotecnología y la Bioética no se correspondieron con la baja prioridad que se ha otorgado en los países mencionados, donde existen autoridades regulatorias de los procesos y productos biotecnológicos de larga tradición y prestigio, lo cual no es el caso de la autoridad regulatoria de República Dominicana.

De forma general, la importancia que se otorga a los contenidos para 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

Tabla 4

Frecuencias de las respuestas a cuestionario (Tabla 1) sobre orden de prioridad en la definición de contenidos para otras habilidades y habilidades digitales que se deben alcanzar en 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

| Contenidos para la definición de Otras Habilidades | Prioridades de los encuestados (n = 30) | | | | | | | | | | | Factor | Orden de prioridad | | |
|--|---|---|----|----|---|---|---|---|---|----|-------------|--------|--------------------|----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | No incluida | | RD | EE. UU.* | U.K.* |
| Aspectos Regulatorios/Bioética | 6 | 5 | 1 | 5 | 7 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 1 | 9 | 8 |
| Trabajo en equipo | 4 | 2 | 3 | 10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 2 | 3 | 3 |
| Gerencia de laboratorio (LIMS) | 4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 1 | 3 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1.0 | 3 | 2 | 2 |
| Habilidades de Comunicación | 2 | 1 | 3 | 0 | 5 | 5 | 7 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 4 | 4 | 5 |
| Conocimiento de Bioseguridad | 5 | 9 | 7 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | 0.9 | 5 | 7 | 9 |
| Herramientas de Análisis de Información | 0 | 6 | 10 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0.9 | 6 | 1 | 1 |
| Phyton | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 2 | 6 | 0.8 | 7 | 6 | 6 |
| MS Office/Excel | 5 | 1 | 1 | 5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0.5 | 8 | 5 | 4 |
| Linux | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 15 | 0.5 | 9 | 11 | - |
| MatLab | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 10 | 15 | 0.5 | 10 | 13 | 12 |
| SQL | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 21 | 0.3 | 11 | 12 | 11 |
| Unix | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0.1 | 12 | 14 | - |
| C++ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 27 | 0.1 | 13 | 10 | 7 |
| PHP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | - | - | 13 |
| Capacidad de trabajos simultáneos | | | | | | | | | | | | | - | 8 | 10 |

Nota. Elaboración propia a partir de datos publicados (Lavrynenko *et al.*, 2018).

parte de la literatura publicada acerca de la definición de competencias y habilidades se concentra en las demandas de las empresas empleadoras (Motyl *et al.*, 2017), mientras que sólo 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 otorga,

sobre todo a los contenidos para la definición de 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 técnicas, 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 enfoque 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 *et al.*, 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 (*DIGEMAPS: Dirección de Medicamentos, Alimentos y Productos Sanitarios*) 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 en la definición de contenidos 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 los contenidos para la definición de las habilidades técnicas 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 al desarrollo de habilidades en el desarrollo de negocios en el campo de la Biotecnología (Bioeconomía) ha hecho que se hayan desarrollado programas de Maestría con esta orientación específica en el área de las Ciencias Económicas y Comerciales (Pubule *et al.*, 2020; Allan *et al.*, 2009) 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).

Propuesta 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 del presente trabajo, así como las propuestas de la literatura publicada con relación a las competencias genéricas, se proponen las competencias y habilidades que se muestran en las Tablas 5.1 y 5.2, respectivamente, que deben ser tomadas en cuenta para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas. Las competencias genéricas abarcan varios de los contenidos descritos en la Tabla 4 (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 contenidos definidos para alcanzar las habilidades técnicas contribuye a dicha competencia; la competencia genérica “*Conocer los métodos de búsqueda de la información para la solución de*

Tabla 5.1

Propuesta de competencias genéricas y específicas para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología, República Dominicana

| Competencias Genéricas | Competencias Específicas |
|---|--|
| Dominar habilidades para diseñar, implementar y ejecutar las actividades necesarias para la solución de problemas. | Demostrar la capacidad de desarrollar productos, técnicas y procedimientos de su especialidad y aplicarlas en un contexto particular |
| Conocer los métodos de búsqueda de la información para la solución de problemas complejos, que constituyen un reto dentro de su campo. | Dominar y aplicar los principios y procedimientos de normas nacionales e internacionales de control y aseguramiento de la calidad en Biotecnología. |
| Tener las habilidades de gerencia del aprendizaje y el conocimiento para desarrollar estrategias propias de su especialidad | Demostrar las capacidades de realizar su trabajo según las Buenas Prácticas de Laboratorio y de Manufactura en la investigación y producción biotecnológicas, respectivamente. |
| Desarrollar su trabajo de manera sustentable y tener la capacidad para brindar soluciones que contribuyan a la preservación del medio ambiente. | Demostrar la capacidad de diseñar proyectos de investigación en su especialidad, así como las técnicas y procedimientos requeridos para su ejecución experimental. |
| Dominar las técnicas y recursos que le permitan comunicar y presentar-defender ideas y resultados de su trabajo de investigación. | Conocer y aplicar las técnicas y modelos bioestadísticos en la evaluación de resultados de la investigación |
| 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 | |

Tabla 5.2

Propuesta de habilidades técnicas y otras habilidades para el diseño curricular de postgrado en Biotecnología, República Dominicana

| Habilidades técnicas | Habilidades digitales |
|--|--|
| Dominar la técnica de PCR (<i>Polimerase Chain Reaction</i>) y saber interpretar sus resultados | Dominar y aplicar los principios y técnicas de LIMS (<i>Laboratory Integrated Management System</i>) |
| Dominar la técnica ELISA (<i>Enzyme-Linked Immuno-Sorbent Assay</i>) y saber interpretar sus resultados | Dominar y aplicar el paquete de programas MS Office, con énfasis particular en MS Excel. |
| Dominar la técnica de secuenciación de genes y saber interpretar sus resultados | Elaborar y/o aplicar programas de procesamiento de datos mediante el lenguaje de programación Python. |
| Dominar la técnica de HPLC (<i>High Performance Liquid Chromatography</i>) y saber interpretar sus resultados | Conocer y/o aplicar programas de procesamiento de datos mediante el lenguaje de programación C++ |
| Dominar la técnica de citometría de flujo y saber interpretar sus resultados | Conocer y/o aplicar programas de creación y procesamiento de bases de datos mediante el lenguaje de programación SQL |
| Conocer y aplicar las técnicas y tecnologías de cultivo de microorganismos, células y anticuerpos monoclonales. | Conocer y aplicar el paquete de programas MatLab en su campo de especialización |
| Conocer y aplicar las técnicas de formulación farmacéutica de productos biotecnológicos. | Dominar las aplicaciones y usos del sistema operativo Linux. |
| Dominar las exigencias regulatorias para el registro y comercialización de productos biotecnológicos, con énfasis en los ensayos de toxicidad. | |

problemas complejos, que constituyen un reto dentro de su campo” consideró los contenidos para 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 una propuesta electiva dentro del diseño curricular, según dichas competencias específicas y habilidades técnicas. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) 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). Una situación similar se presenta con 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. 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 los contenidos para la definición de habilidades digitales no están listados en orden de

prioridad (Tabla 5.2), sino de manera indicativa y deben ajustarse a la especialidad de la Biotecnología que se desarrolle en la Tesis de Disertación (Maestría o Doctorado).

Conclusiones

Se ha desarrollado un marco de referencia de competencias, habilidades técnicas y otras habilidades, incluyendo las habilidades digitales, que debe servir de base para un primer diseño curricular de los planes y programas de estudio de postgrado en Biotecnología en las IES de República Dominicana, tomando en cuenta las experiencias de países de mayor tradición en este campo como los EE.UU. y R.U. La mayor coincidencia en la comparación de resultados entre República Dominicana y dichos países se alcanzó en otras habilidades (93 % y 86 %, respectivamente), seguido de las competencias (73 % y 80 %, respectivamente) y, en último lugar, las habilidades técnicas (54 % y 62 %, respectivamente). Estos resultados demostraron la necesidad no solo de fortalecer la educación de grado en Biotecnología, en tanto base para la educación de postgrado, sino de fortalecer la infraestructura en las técnicas instrumentales que se requieren para el fortalecimiento de la docencia y la investigación en un sistema de postgrado de Biotecnología en las IES dominicanas.

Se identificaron competencias y habilidades que se complementan con el desarrollo actual de la Biotecnología, tales como la Bioinformática y la Telemedicina, donde el dominio de las tecnologías de la información y las comunicaciones y la adquisición de habilidades en el dominio y análisis de la información resultan vitales, en correspondencia con los resultados publicados. Las competencias en habilidades de negocios del sector biotecnológico es un campo emergente en el que varias Universidades europeas y de EE.UU. están haciendo ofertas académicas de postgrado, lo que debe tomarse en

cuenta como un área de fortaleza a la que deben incorporarse las Escuelas y Facultades de Ciencias Económicas y Comerciales de las IES dominicanas. Se identificaron posibles carencias en la formación de grado en Biotecnología, que deben servir de base para un futuro plan de mejora en lo referente a la Ingeniería Biomédica y la Biotecnología Farmacéutica. Se debe destacar la necesidad de actualizar la formación de grado en Microbiología, Enzimología y Genética, como condición necesaria para alcanzar las competencias que se requieren en los estudios de postgrado en Biotecnología en las IES dominicanas.

Referencias

- 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.208.54>
- Atkinson, J., Crowley, P., De Paepe, K., Gennery, B., Koster, A., Martini, L. & Wilson, K. (2015). A European competence framework for industrial pharmacy practice in biotechnology. *Pharmacy*, 3(3), 101-128. <https://doi.org/10.3390/pharmacy3030101>
- 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>
- 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>
- Espinell-Barrero, N. E. & Valbuena-Ussa, E. O. (2018). Aproximação ao status epistemológico da biotecnologia: implicações didáticas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 193-206.
- FONDOCYT (s.f.). <https://mescyt.gob.do/programas/fondocyt/>.

- Fossey, A. (2012). Conceptualizing postgraduate training in biotechnology at universities of technology. *South African Journal of Higher Education*, 26(2), 358-371.
- Gairín Sallán, 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 “UrBIO-future – Boosting future careers, education and research activities in the European biobased industry” (Ref. 837811 – H2020-BBI-JTI-2018).
- 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).
- 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>.
- 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>.
- Liu, X. Y., Wang, X., Jia, S., Li, T., Zhang, Y., Lu, C.,... & 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>
- 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>.
- Membrillo-Hernández, J., Muñoz-Soto, R. B., Rodríguez-Sánchez, Á. C., Díaz-Quíñonez, J. A., Villegas, P. V., Castillo-Reyna, J. & Ramírez-Medrano, A. (2019, abril). Student engagement outside the classroom: analysis of a challenge-based learning strategy in biotechnology engineering. In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 617-621). IEEE.
- 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>.
- 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]. Recuperado de <http://ojs.ifsp.edu.br>.
- 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.
- 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/rtuect-2020-0062>.
- 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. Recuperado de <https://www.learntechlib.org/p/217591>.
- 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.
- Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (2008). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2018*. Santo Domingo, República Dominicana, 234 pp.
- 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/10.1007/978-3-319-57365-6_20-1.
- Solis Ramírez, O. S. & Núñez Sellés, A. J. (2023). El capital humano en Biotecnología: Una necesidad de desarrollo de República Dominicana. *Revista Ciencia y Educación INTEC*, 7(1), 41-56. <https://doi.org/10.22206/cyed.2023>.
- 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.
- 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>
- Ustundag, A. y Cevikcan E. (2018). Industry 4.0: Managing the digital transformation. Cham: Springer. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>.
- 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.
- World Economic Forum (2022). The future of jobs employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.
- World Health Organization (2017). Human resources for medical devices, the role of biomedical engineers (WHO Medical device technical series). Licencie: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.