

Evaluación de Impacto de la Investigación Formativa en Microbiología en una Universidad Pública de Medellín, Colombia

Impact Evaluation of the Formative Research in Microbiology in a Public University from Medellín, Colombia

Luis Felipe Higueta-Gutiérrez¹,
Laura Piedrahita Arenas² and
Jaiberth Antonio Cardona-Arias³

- 1 MyB, MSc Educación y Desarrollo Humano. Profesor Facultad de Medicina, Universidad Cooperativa de Colombia. Escuela de Microbiología Universidad de Antioquia, Colombia
- 2 Estudiante de Microbiología y Bioanálisis. Escuela de Microbiología Universidad de Antioquia, Colombia
- 3 MyB, MSc Epidemiología, MSc Economía aplicada, Estudiante Doctorado en Salud Pública. Profesor Facultad de Medicina Universidad Cooperativa de Colombia Escuela de Microbiología Universidad de Antioquia, Colombia

Resumen

Objetivo: Evaluar el impacto de la investigación formativa en microbiología en una universidad pública de Colombia.

Metodología: Estudio mixto de tres componentes, el primero consistió en la bibliometría de los trabajos de investigación de pregrado, el segundo un estudio transversal basado en encuestas y el tercero una aproximación cualitativa a las percepciones sobre el proceso de investigación formativa.

Resultados: Se evidencia un impacto positivo en términos de vinculación de estudiantes y grupos de investigación en el proceso formativo desde el pregrado, así como el mejoramiento de indicadores bibliométricos. Se hallaron excelentes percepciones sobre la importancia de la formación en investigación, en la medida que esta estrategia mejora el trabajo independiente, interdisciplinario y el desempeño profesional e investigativo.

Conclusión: La implementación de la investigación formativa en la universidad de estudio ha tenido un impacto positivo. Otras universidades podrían adoptar este modelo para mejorar su posicionamiento en rankings internacionales, en los índices globales de innovación y a consolidar una cultura investigativa.

Palabras claves: Investigación formativa; enseñanza de la investigación; promoción de la investigación; Colombia

*Correspondencia:

Luis Felipe Higueta-Gutiérrez

✉ hgfelipe87@gmail.com

Abstract

Objective: To evaluate the impact of formative research in microbiology in a public university in Colombia.

Methodology: A mixed study of three components was realized, the first consisting of the systematization and bibliometrics of undergraduate research works, the second was a study cross-sectional survey and in the third a qualitative approach was made to the perceptions about the process of formative research.

Results: A positive impact was evidenced in terms of the linking of students and

research groups in the training process, as well as the improvement of bibliometric indicators. Excellent perceptions were found on the importance of undergraduate research training, to the extent that this strategy improves independent, interdisciplinary work, professional and investigative performance.

Conclusion: The implementation of formative research at the university of study has had a positive impact. Other universities can be implement this model to improve their positioning in international rankings, in global innovation indexes and to consolidate a research culture.

Keywords: Formative research; Research promotion; Teaching research; Microbiology; Colombia

Fecha de recepción: September 18, 2018, **Fecha de aceptación:** October 20, 2018, **Fecha de publicación:** October 25, 2018

Introducción

Una de las características con la que se suele evaluar la excelencia de las universidades es su participación en procesos de investigación científica debido a sus impactos económico, social, cultural y político que derivan en la generación de riqueza y bienestar, desarrollo de nuevas tecnologías, aumento de la capacidad para apropiarse de tecnologías transferidas, generación de valor agregado a productos locales, formación de capital humano con conocimientos especializados, estimulación de una cultura de innovación; así como múltiples aportes a la salud, la educación superior, la calidad del medio ambiente y la toma de decisiones basadas en la evidencia [1].

En coherencia con lo anterior, en la valoración de la calidad de la educación que se hace a través de rankings (fenómeno que está en el centro del panorama actual de los sistemas de educación superior en el mundo), la investigación constituye un indicador central evaluado con variables como productividad en investigación, publicaciones, citas de artículos realizados por personal de la institución, entre otros. Una muestra de lo anterior se encuentra en los rankings Academic Ranking of World Universities, World University Ranking del Times Higher Education Supplement y el Center for Higher Education Development, los cuales tienen importantes repercusiones en la toma de decisiones por parte de dirigentes universitarios, ministerios de educación y la población general [2].

En Colombia, la Ley 30 de 1992 estableció que en las instituciones de educación superior es necesario el desarrollo de investigación científica de alto nivel para que ellas puedan acreditarse como universidades (Ley 30 de 1992). Asimismo, el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) del Ministerio de Educación advierte que la investigación no es una actividad exclusiva de los docentes, sino que la universidad debe fomentar la enseñanza de la investigación en los estudiantes, con el propósito de despertar su espíritu investigativo y estimular una actitud positiva frente a la investigación [3].

Pese a lo anterior, el país no alcanza a tener una tercera parte

de los investigadores de Estados Unidos, Suecia, Noruega, Singapur o América Latina; y de acuerdo con el Global Innovation Index, Colombia cuenta con 161,5 investigadores por millón de habitantes, número que lo ubica en el undécimo lugar en América Latina y que, comparado con la media de la OCDE de 5826 investigadores por millón de habitante, se encuentra totalmente rezagado [4].

Para superar este rezago la estrategia fundamental sigue siendo fomentar la cultural investigativa desde la formación en el pregrado. Entre las estrategias que se han descrito para lograr ese objetivo se encuentran las que privilegian la enseñanza expositiva o por recepción centradas en la transmisión de conocimientos y contenidos; y un segundo grupo que se centra en el aprendizaje por descubrimiento y construcción del conocimiento, y en el que, a partir de un problema, el estudiante examina la literatura relacionada, recoge los datos, los organiza, los interpreta y enuncia soluciones. Algunos autores sugieren que esta última estrategia de enseñanza es la más pertinente para fomentar competencias investigativas en el ámbito universitario y dentro de ésta estrategia se ubica la investigación formativa [5].

La investigación formativa puede definirse como aquella investigación que tiene una finalidad pedagógica y que se desarrolla dentro de un marco curricular formalmente establecido [6]. En esta estrategia de enseñanza, la dimensión metodológica (técnicas e instrumentos de investigación) se subordina a su finalidad didáctica, de manera que el estudiante pueda aprehender su objeto de estudio, a la vez que aprende a investigar haciendo investigación [6].

La implementación de la investigación formativa genera un impacto positivo en los estudiantes porque estimula el desarrollo de procesos mentales complejos como la interpretación, el análisis, el pensamiento crítico, propositivo y relacional, así como habilidades básicas de observación, descripción y comparación [6]. En términos pragmáticos, el estudiante desarrolla la capacidad de evaluar críticamente la literatura científica, aprende a escribir para la publicación en revistas revisadas por pares, proporciona un contacto estrecho entre estudiantes y profesores

y motiva a que algunos estudiantes continúen sus carreras en áreas orientadas a la investigación [7]. En este sentido, un estudio en una Universidad de Nueva York puso de manifiesto que el 89% de los estudiantes refirió aumentar sus habilidades para formular hipótesis, 91% incrementó su habilidad para realizar búsquedas de literatura y análisis de datos y 95% mejoró su conocimiento en técnicas investigativas tras la finalización de trabajos de investigación [8]. Otro estudio reportó que la investigación durante el pregrado constituye un factor importante para continuar investigando en la vida profesional, así, por ejemplo, el 41% de los investigadores de una universidad declara haber investigado en el periodo estudiantil o haber sido estudiantes de investigadores con mayor experiencia [9].

En consonancia con lo anterior, para la formación en Microbiología de la Universidad de Antioquia se realizó una reforma curricular que culminó con la creación de tres grandes componentes curriculares: el componente Científico-Tecnológico, que engloba el objeto de estudio y representa la formación en el pensar; el componente Social y humano, que representa la formación en el ser; y el componente Metodológico-Investigativo, que tiene como propósito formar en el pensamiento científico a los estudiantes a través de la estrategia de investigación formativa [10].

La materialización de la investigación formativa se dio a través de contenidos relacionados con la investigación mediante asignaturas del currículo como Ciencia y tecnología, Teoría del conocimiento, Construcción de trabajo de grado I (Fase conceptual de un proyecto de investigación), Construcción de trabajo de grado II (Fase metodológica de un proyecto de investigación) y, finaliza, con la sustentación de un trabajo de grado desarrollado en los proyectos curriculares previos y se realiza un manuscrito tipo artículo que se somete a evaluación por un profesor-investigador [10].

Sumado a lo anterior, la investigación formativa de los estudiantes de Microbiología incluye la participación en proyectos que desarrollan investigadores ya formados, las figuras de Joven investigador o Auxiliar de investigación, actividades divulgativas como coloquios de investigación, elaboración de manuscritos para someter a revistas evaluadas por pares y vinculación a grupos de investigación liderados por un docente-investigador, éstos últimos constituyen un actor principal en todo el proceso formativo.

Pese a estos esfuerzos y luego de casi dos décadas del nuevo currículo de Microbiología, no se dispone de una investigación que haya evaluado el impacto de la investigación formativa; entendiendo la evaluación del impacto como una opción investigativa que permite determinar las repercusiones que presentan las acciones formativas de una institución, en términos de beneficios cualitativos y cuantitativos, organizacionales y pedagógicos. La evaluación de impacto en contextos educativos remite a diferentes efectos de la formación tales como la respuesta a las necesidades de formación, la resolución de problemas, la contribución al alcance de los objetivos estratégicos de la institución, los cambios (cualitativos o cuantitativos-económicos) que genera en las personas la implementación de experiencias formativas, el uso de competencias adquiridas a través de la

formación en diferentes contextos; en suma, la comprobación de los resultados globales de las acciones formativas, en calidad, cantidad y percepción de los involucrados [11-13].

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la investigación formativa en Microbiología en términos de percepciones y vinculación de estudiantes, profesores y grupos de investigación en el proceso de formación, desarrollo de capacidades de los estudiantes para la publicación en revistas revisadas por pares y evaluación de parámetros bibliométricos como indicadores indirectos de la calidad de las investigaciones y del tránsito entre la investigación formativa y la investigación en sentido estricto.

Metodología

Tipo de estudio

Mixto con tres componentes, el primero consistió en la sistematización de los trabajos de grado de microbiología, el segundo fue un estudio transversal con validación psicométrica de un índice de percepción sobre investigación formativa y en el tercero se hizo una aproximación cualitativa a las percepciones de profesores y estudiantes sobre el proceso de investigación formativa en microbiología.

Sujetos de estudio: en el primer componente se sistematizaron los 309 trabajos de grado sustentados. En el segundo componente la muestra calculada fue de 32 profesores y 78 estudiantes con base en una población de 118 profesores y 403 estudiantes que han participado en el proceso de investigación formativa, confianza del 95%, error de muestreo del 3%, desviación estándar de 10 puntos en el índice de percepción de profesores y de 15 puntos para los estudiantes; se logró la respuesta de 38 profesores y 76 estudiantes. En el componente cualitativo se analizaron 31 micro-relatos, 18 de estudiantes y 13 de profesores.

Recolección de la información

En la sistematización de los trabajos de grado se realizó una búsqueda en las bases de datos de la coordinación del proyecto curricular Trabajo de grado entre el año 2010 y 2016, ésta se complementó con una consulta en el catálogo de acceso público en línea del sistema de bibliotecas de la Universidad de Antioquia (OPAC Online Public Access Catalog). Para identificar los trabajos de grado publicados se realizó una búsqueda del título del proyecto en las bases de datos Pubmed, Scielo y en el buscador abierto de Google, adicional a ello, se consultó el CvLAC (Curriculum Vitae de Latinoamérica y el Caribe) del asesor y, en los casos en los que estaba disponible, el de los estudiantes. Para los trabajos publicados se consultó la clasificación de la revista en el Sistema de Indexación y Homologación de Revistas Especializadas de Ciencia Tecnología e Innovación de Colombia (Publindex), el país donde se realizó la publicación, el número de citas de cada manuscrito y el índice H como indicador de la calidad, productividad e impacto científico de las investigaciones [14]. Las variables analizadas fueron año de realización del estudio, semestre, programa académico, título del trabajo, número de autores, formación del asesor, grupo de investigación, tópico de estudio, tipo de estudio (experimental, estudio de caso, descriptivo, revisión sistemática

de la literatura, metanálisis, evaluación de pruebas diagnósticas), nombre de la revista, volumen y número de la publicación.

En el componente transversal, de evaluación psicométrica y el de investigación cualitativa, se diseñó y validó una encuesta con nueve ítems relacionados con competencias de la investigación formativa y un micro-relato sobre percepciones de esta estrategia educativa.

Análisis de la información: para el primer componente, toda la información se almacenó en Microsoft Excel y se analizó con base en frecuencias absolutas y relativas. El cálculo del número de citas de los trabajos publicados y el índice H se hizo con Google académico.

En la evaluación psicométrica se aplicó una encuesta con 9 ítems sobre investigación formativa, cada uno con cinco opciones de respuesta; estos se sumaron, posteriormente se transformaron a una escala de cero (peor resultado) a cien (mejor resultado) para facilitar la interpretación del índice de percepciones relacionadas con la investigación formativa. La reproducibilidad y validez de este índice se evaluó con las propiedades psicométricas de fiabilidad (α Cronbach) de los ítems, consistencia interna (correlaciones de Spearman) o correlación entre cada ítem y el puntaje transformado, validez de contenido (análisis factorial exploratorio para estimar cargas factoriales o coeficientes λ), validez predictiva (porcentaje de la varianza explicada) y poder predictivo (regresión lineal para estimación del puntaje de percepción) [15]. Una vez demostrada la confiabilidad y validez del índice de percepción, éste se describió con medidas de resumen y se comparó según grupo de estudio (estudiantes y profesores), sexo, edad, tiempo de duración del trabajo de grado, los años de experiencia investigativa del asesor, el número de estudiantes por trabajo, cantidad de estudiantes asesorados previamente (de pregrado y posgrado) y otros factores, mediante pruebas de hipótesis paramétricas y no paramétricas.

Resultados

Sistematización de trabajos de grado

En los 309 trabajos de grado el 29.4% (n=91) fue del programa Microbiología Industrial y Ambiental y 70.6% (n=218) de Microbiología clínica. El tipo de investigación que se desarrolló con mayor frecuencia fue la descriptiva (39.2%), seguida de la experimental (26.9%) y la investigación teórica (21.4%), estas últimas subsumen revisiones históricas, narrativas, sistemáticas y metanálisis. Otras modalidades de investigación incluyeron evaluación de pruebas diagnósticas, estudios cualitativos, mixtos (componente cualitativo y cuantitativo), evaluación psicométrica de escalas y reportes de casos (Tabla 1).

En alusión al área disciplinar se halló una amplia variabilidad con cerca de 27 temáticas diferentes, aunque las más frecuentes fueron parasitología 10.7%, Bacteriología 10.4%, Bioprospección 9.7% y Epidemiología 7.4%. En parasitología el tópico más común fue leishmaniasis (16/33), en bacteriología fue resistencia a los antibióticos (12/32), en Bioprospección los temas fueron heterogéneos e incluyen la identificación de microorganismos o enzimas que puedan mejorar la producción de etanol,

Tabla 1 Caracterización cualitativa de los trabajos de grado entre 2010-2016.

Tipo de estudio	n	%
Descriptivo	121	39.2
Experimental	83	26.9
Investigación teórica	66	21.4
Pruebas diagnósticas	27	8.7
Cualitativo	6	1.9
Estudio mixto	2	0.6
Evaluación de escalas	2	0.6
Reporte de caso	2	0.6
Área disciplinar		
Parasitología	33	10.7
Bacteriología	32	10.4
Bioprospección	30	9.7
Epidemiología	23	7.4
Salud sexual	21	6.8
Hematología	17	5.5
Inmunología	16	5.2
Biotecnología	14	4.5
Biorremediación	13	4.2
Microbiología de alimentos	13	4.2
Microbiología veterinaria	12	3.9
Otros	85	27.5
Nivel educativo de los asesores		
Doctorado	180	58.3
Maestría	112	36.2
Pregrado	5	1.6
Especialista	5	1.6
Posdoctorado	2	1.0
Sin dato	5	1.6

cacao, biomasa microalgal, polihidroxialcanoatos y quesos. En referencia al proceso de tutoría que reciben los estudiantes durante el diseño y ejecución de su propuesta de investigación se identificó la participación de profesores con posdoctorado (0.65%), doctorado (58.3%), maestría (35.9%), especialización (1.6%) y pregrado (1.6%) (Tabla 1).

Se identificaron 56 grupos de investigación que apoyaron el proceso, 89.6% de la Universidad de Antioquia y el porcentaje restante de instituciones externas como Universidad Cooperativa de Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad CES, Colegio Mayor de Antioquia, Corporación Para Investigaciones Biológicas (CIB), Corpoica e Instituto Nacional de Salud. Al desagregar los grupos de la Universidad de Antioquia se encontró que 62.1% (n=171) de las asesorías se hacen por grupos propios de la Escuela de Microbiología, 24.9% (n=69) por grupos adscritos a la facultad de medicina, 6.1% (n=17) a la facultad de ciencias exactas y naturales y el porcentaje restante distribuido en grupos de la facultad de ingeniería, ciencias farmacéuticas y alimentarias y ciencias agrarias (Figura 1).

Finalmente, la proporción de trabajos de grado que culminan en una publicación en una revista especializada fue 32%, siendo mayor en Microbiología clínica (n=84) frente a Microbiología Industrial y Ambiental (n=15). El 70,7% de las publicaciones se

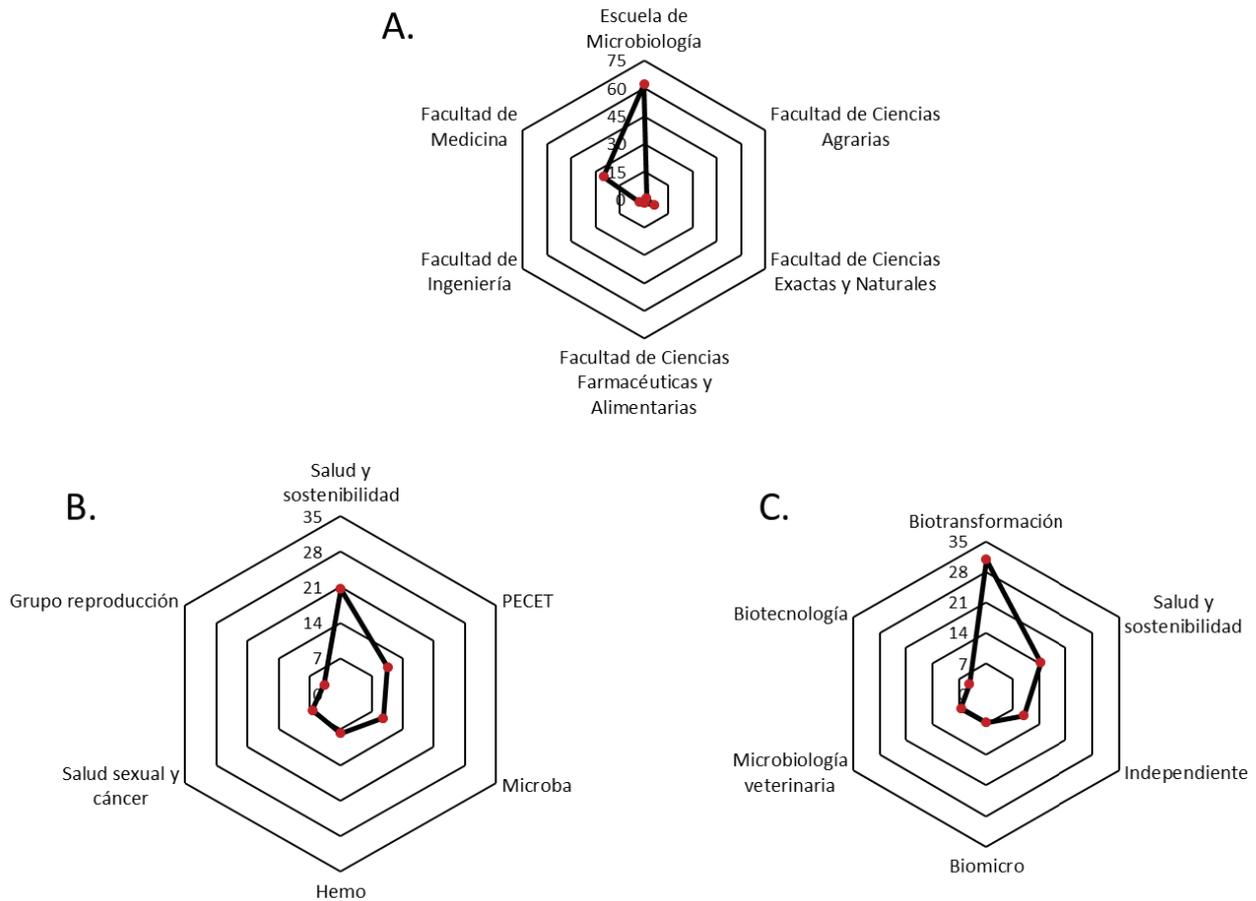


Figura 1 A. Proporción de grupos de investigación de diferentes dependencias de la Universidad de Antioquia en la asesoría de los estudiantes. B. Proporción de grupos de investigación en Microbiología clínica. C. Proporción de grupos de investigación en Microbiología Industrial y Ambiental.

realizó en revistas nacionales y 29.3% en revistas internacionales. El 78.8% de las publicaciones se realizó en revistas indizadas-homologadas en Publindex: 17/99 en revistas A1 o categoría máxima, 35/99 en revistas A2, 14/99 en revistas B y 11/99 en revistas C o de menor impacto.

Las revistas en las que se publican fueron muy heterogéneas, entre las internacionales se encuentran BMC infectious diseases, Mycopathologia, Parasite epidemiology and control, Parasitology, Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, Revista cubana de obstetricia y ginecología, Revista Española de salud pública, Revista Peruana de biología, la Revista Mexicana de biodiversidad, Revista Chilena de infectología y Saude e sociedade. Entre las publicaciones realizadas en las revistas nacionales se destacan las realizadas en Biomédica, Revista de salud pública, Revista facultad Nacional de salud pública, Iatreia, Infectio, Investigaciones Andinas, Médicas UIS, Acta médica colombiana, Archivos de Medicina de Manizales, Revista ciencias de la salud y Medicina y laboratorio. Al calcular el índice h como un indicador indirecto del impacto de las publicaciones en la comunidad académica se encontró que 6 publicaciones han sido citadas al menos 6 veces en otras publicaciones y con el índice i10 se identificó una publicación ha sido referenciada por lo menos 10 veces por otros

autores. El número de citas que reciben los artículos publicados por los estudiantes muestra una tendencia al aumento que va de 2 citas en el 2010 a 49 en el 2016 (Figura 2).

Componente transversal y evaluación psicométrica

Entre los 114 participantes, el 70.2% fueron mujeres; la edad media de los estudiantes fue 25 ± 2 con rango entre 21 y 32 años (RIQ 23-27) y la duración media de su trabajo de grado fue 1.8 ± 0.8 años con rango de 0.5 a 3. El promedio de edad de los profesores fue 40 ± 12 con rango de 26 a 69 años (RIQ 33-40); en su experiencia docente e investigativa se reportó una media de 14 ± 9 años, con rango entre 2 y 43 (RIQ 9-18); el número de estudiantes de pregrado asesorados previamente presentó una media de 12 ± 11 (RIQ 4-15) mientras que el de los estudiantes de maestría o doctorado fue 3 ± 2 (RIQ 0-4).

En los nueve ítems del índice de percepción se hallaron promedios mayores a 4.0 con excelente fiabilidad (α Cronbach mayor a 0.7), un 100% de éxito en la consistencia interna en la medida que todos los ítems presentaron correlaciones mayores a 0.4 con el puntaje global, 100% de éxito en validez de contenido en la medida que todas las cargas factoriales fueron mayores a

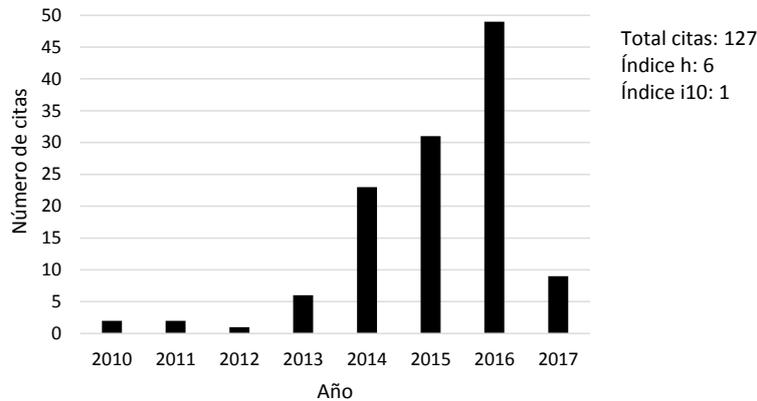


Figura 2 Número citaciones de las publicaciones de los estudiantes de Microbiología, índice h e índice i10.

Tabla 2 Descripción de los ítems del índice de percepción de investigación formativa y de sus propiedades psicométricas.

Ítems del índice	Descripción $X \pm DE^a$	Consistencia interna Rho ^b	Validez de contenido λ^c
i1. Fomenta el trabajo colaborativo y/o interdisciplinario	4.4 ± 0.9	0.81**	0.77
i2. Promueve el trabajo independiente	4.3 ± 0.8	0.77**	0.74
i3. Mejora la búsqueda y/o uso de la literatura científica	4.6 ± 0.7	0.70**	0.80
i4. Mejora la forma de recolectar y analizar información	4.6 ± 0.7	0.77**	0.86
i5. Potencia habilidades de comunicación escrita	4.5 ± 0.7	0.74**	0.79
i6. Potencia habilidades de comunicación verbal y no verbal	4.3 ± 0.8	0.74**	0.76
i7. Mejora el desempeño científico - investigativo	4.4 ± 0.8	0.80**	0.80
i8. Mejora el desempeño profesional	4.3 ± 0.9	0.79**	0.73
i9. Aumenta las posibilidades de realizar un post-grado	4.3 ± 0.9	0.66**	0.59
Puntaje total del Índice de percepción			
Media ± Desviación estándar		83 ± 15	
Rango Inter cuartil (Rango)		73 - 96 (33-100)	
Fiabilidad α Cronbach		0.90	
% Varianza explicada		57.7	
Kaiser-Meyer-Olkin		0.848	
Prueba de esfericidad de Bartlett (χ^2)		<0.001 (647.2)	
Índice de percepción = -25.0 + 2.78 (i1) + 2.78 (i2) + 2.78 (i3) + 2.78 (i4) + 2.78 (i5) + 2.78 (i6) + 2.78 (i7) + 2.78 (i8) + 2.78 (i9) + ϵ			
^a Media ± Desviación estándar; ^b Coefficiente de Correlación de Spearman; ^c Coefficiente de Lambda o Carga factorial.			

0.3, buena validez predictiva con una varianza explicada mayor al 50% (Tabla 2). En la Tabla 2 se presenta el modelo de regresión lineal que permite estimar el puntaje del índice de percepción con base en los coeficientes de regresión de cada ítem que lo conforma; así como los estadísticos que evidencian la bondad del análisis factorial.

La percepción sobre la investigación formativa presentó un puntaje promedio de 83 ± 15, el 50% de los resultados centrales fluctuaron entre 73 y 96, y el rango estuvo entre 33 y 100. La percepción sobre la investigación formativa no presentó diferencias estadísticamente significativas según la edad y sexo de los participantes, el tiempo de duración del trabajo, los años de experiencia investigativa del asesor, el número de estudiantes por trabajo, ni la cantidad de estudiantes asesorados previamente por el profesor.

Los factores asociados con la percepción del proceso de investigación formativa fueron la satisfacción con el desempeño y compromiso del estudiante (Rho de Spearman=0,59; p<0,001),

con el acompañamiento del asesor (Rho de Spearman=0.51; p<0,001) y con el proceso formativo de la institución (Rho de Spearman=0.68; p<0,001). Además, se obtuvo una mejor percepción del proceso de investigación formativa en el último año, en comparación con los anteriores (Figura 3) con diferencias estadísticamente significativas (p Anova=0.020); particularmente entre el puntaje del año 2017 y los periodos anteriores al 2016 se halló una diferencia de medias de 12,6 puntos (p HSD de Tuckey=0.020).

En el modelo de regresión lineal se identificaron los potenciales factores explicativos de la percepción de la investigación formativa; se observó que los profesores reportan una mejor percepción con diferencia de 4.8 puntos; por cada unidad que aumente la satisfacción con el compromiso personal en el proceso la percepción mejora en 8.9 puntos y el aumento de una unidad en la satisfacción con el proceso desarrollado en la institución la percepción mejora en 6.6 puntos; estas tres variables explican el 60.8% del índice general de percepción de la investigación formativa (Tabla 3).

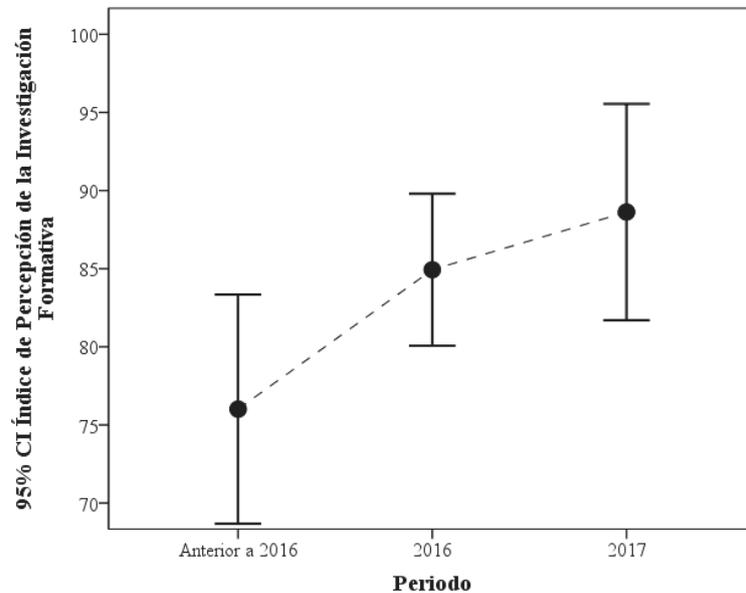


Figura 3 Análisis temporal del Índice de percepción sobre la investigación formativa.

Tabla 3 Potenciales factores explicativos de la percepción de la investigación formativa.

	B	EE	R ²
(Constante)	18.4**	5.272	60.8%
Grupo (Profesor / Estudiante)	4.8*	1.952	
Satisfacción con su desempeño y/o compromiso	8.9*	1.533	
Satisfacción con el proceso de investigación formativa	6.6*	1.318	
Percepción de investigación formativa=18.4 + 4.8 (Profesor) + 8.9*Satisfacción con compromiso personal + 6.6 Satisfacción con el proceso			

Aproximación cualitativa a las percepciones sobre investigación formativa

En general los estudiantes expresan que el proceso de investigación formativa de la escuela reviste gran valor académico, científico - investigativo y profesional - laboral, en la medida que mejoran hábitos de estudio, su disciplina académica, la continuidad en diferentes procesos de aprendizaje, la formulación de preguntas, entre otras competencias que les permite diferenciarse de microbiólogos circunscritos a aspectos técnicos del quehacer hospitalario, industrial o ambiental.

Uno de los aspectos más destacados fue el aporte al perfil profesional y laboral, en la medida que la investigación formativa puede mejorar opciones laborales al facilitar la inserción en grupos de investigación o laboratorios que exigen competencias investigativas como un valor agregado e incluso como un componente diferenciador del egresado de la Universidad de Antioquia, frente a otras universidades del país.

“Con el componente investigativo que nos ofrece la universidad de Antioquia, tenemos la oportunidad de abrir nuevos horizontes y diferenciarnos de otros profesionales egresados de las diferentes universidades del país que tienen la restricción de desempeñar su labor profesional sólo en el área clínica (Mujer 24 años)”.

“Es una buena opción para abrir nuevos campos en la investigación, y sirve como motivación de buscar alternativas para la parte

laboral; pero se requiere reestructurar el acompañamiento de los asesores y sería una buena idea que dicho trabajo de grado se valga como una de las prácticas que se deben cumplir para Microbiología y Bioanálisis (Mujer 24 años)”.

La investigación formativa “es un componente muy importante en nuestra formación durante la carrera, que nos brinda ventajas frente a egresados de otras universidades. Además, nos da la oportunidad de conocer nuestras aptitudes para la investigación y una orientación hacia lo que puede ser nuestro futuro laboral deseado (Mujer 25 años)”.

Además de las ventajas o percepciones positivas captadas en los testimonios anteriores, así como en las encuestas del análisis transversal y psicométrico, en el componente cualitativo también emergieron propuestas para mejorar el impacto de la investigación formativa. En este orden de ideas se indicó que se podría mejorar promoviendo *“trabajos de grado con necesidades de las empresas (Hombre 31 años)”*; *“El trabajo de grado debe ser orientado a la aplicación y resolver necesidades del mercado laboral (Mujer 27 años MyB)”*; mejorando el proceso de asignación de asesores ya que en muchos casos es un proceso en el cual el estudiante debe tomar la iniciativa y buscar asesoría en temas que muchas veces no conoce y derivan en retrocesos para la ejecución del trabajo de grado, o incluso no se evalúa críticamente cómo el tipo de acompañamiento que hacen los diferentes profesores pueden menguar el impacto de la investigación formativa al

implementar estrategias o didácticas con efectos contrarios a los objetivos de formación, como inseguridad, desmotivación, falta de compromiso, entre otros.

“Basada en mi experiencia el acompañamiento tiene que fortalecerse, además del compromiso tanto por parte de tutores como de los coordinadores de cursos, además de aumentar la motivación en los estudiantes por desarrollar proyectos que estén acorde a las realidades económicas y académicas, para así disminuir las desilusiones en el proceso investigativo (Mujer 28 años)”.

“En muchos grupos de investigación de la Universidad y la Escuela de microbiología, existen profesionales prepotentes que se aprovechan de su lugar y sus títulos para subestimar las capacidades de los estudiantes, con esto solo logran que se frustren sueños y ganas de aprender. Esto es muy decepcionante ya que en la escuela se centran más en educar en base a la academia, pero están saliendo profesionales que no saben trabajar en equipo, prepotentes, sin amor al trabajo comunitario y demás características no debe tener un profesional y menos de estas carreras (Mujer 25 años)”.

La mayoría de testimonios de los docentes aludieron diversos beneficios de la investigación formativa como el compromiso y acompañamiento de los profesores, las posibilidades de crecimiento personal y académico del estudiante; el empoderamiento y reconocimiento de potencialidades que va "descubriendo" por sí sólo el estudiante y el hecho que este componente se ha constituido en un sello distintivo de los estudiantes y egresados del programa.

Dado el beneficio o impacto positivo de la investigación formativa, la mayoría de profesores recabaron aspectos que pueden potenciar el proceso como se indica en los siguientes testimonios:

“Podría mejorar en un alto porcentaje el desempeño profesional, si el estudiante luego de graduarse, sigue encaminado por un área afín al desarrollado en el trabajo de grado. (Hombre de 55 años)”.

“La formación que reciben los estudiantes de la Escuela de Microbiología en investigación es fundamental para consolidar la Microbiología como una disciplina en sí misma; en coherencia con esto, la administración debería incentivar la participación de profesores y de los estudiantes mismos, con rubros para el desarrollo de pequeños proyectos. (Hombre de 30 años)”.
“Cuando no se consigue financiación para el trabajo de grado puede prolongar la estadía del estudiante en la universidad (Mujer de 40 años)”.

“Hay muchos inconvenientes con el estudiante principalmente de pregrado donde hay conceptos como la autoría intelectual, el manejo de ética en investigación, los conceptos estadísticos y metodológicos (...). En cuanto a los compromisos que adquieren los estudiantes a veces lo hacen porque se les acaba el tiempo del trabajo de grado, porque les han cancelado otros proyectos por diferentes razones, esto disminuye el compromiso y el compañerismo entre ellos y se ve reflejado en los resultados, así

mismo en el manejo con el asesor ya que cuando no alcanzan los objetivos (sobre todo por el tiempo) no cumplen con sus obligaciones y en ese momento el asesor es un problema (pero se requiere terminar el trabajo de grado y tener una nota ya que sin esto el estudiante no puede entrar a las prácticas). (Mujer de 34 años)”.

“Es fundamental que el estudiante de microbiología entienda que su formación integral, y lo que le da competitividad frente a otros colegas y otras profesiones, no es solamente saber del problema, llámese tuberculosis, dengue, dermatitis, etc., sino que saber del método científico, conocer de epistemología, de la naturaleza de las investigaciones, de los enfoques, diseños y métodos, del nivel de evidencia, etc., es fundamental para no parecer un analfabeta científico (Hombre de 37 años)”.

Discusión

Este estudio pone de manifiesto que la implementación de la investigación formativa en estudiantes de pregrado en microbiología ha tenido un impacto positivo, dado los múltiples proyectos de investigación realizados, la vinculación de grupos de investigación en la tutoría de los estudiantes, las publicaciones en revistas revisadas por pares, los indicadores bibliométricos y las percepciones de los involucrados en el proceso.

En alusión a los proyectos de investigación, se encontró una frecuencia importante de estudios descriptivos, experimentales e investigaciones teóricas representadas principalmente por revisiones sistemáticas y metanálisis. Al respecto, es importante destacar que algunas tendencias investigativas actuales subvaloran la investigación descriptiva por considerarla susceptible a múltiples sesgos, por suponer que tienen bajo impacto en el estudio de la causalidad y porque aducen que generan recomendaciones científicas de baja calidad; sin embargo, estas críticas obvian que esta modalidad de investigación es la más próxima a la realidad del fenómeno estudiado, permite identificar la magnitud y la distribución del fenómeno de interés particular en cada contexto específico y evalúa múltiples factores de exposición incluso múltiples desenlaces [16]. Aunado a lo anterior, esta modalidad de investigación es importante debido a que la solución a un buen número de problemas no requiere de desarrollos tecnológicos avanzados sino de un conocimiento adecuado de la presentación de un evento en un lugar específico, y esta información sólo puede ser obtenida con investigaciones descriptivas locales que sirvan de base para orientar a los tomadores de decisiones [1].

Por otro lado, se destaca la frecuencia revisiones sistemáticas y metanálisis, en tanto que su metodología exige al estudiante la aplicación del método científico para realizar una búsqueda exhaustiva de la literatura, incluir y excluir estudios con base en criterios predeterminados, evaluar sesgos y resumir la literatura disponible sobre el tópico de interés [14]. Este tipo de investigación genera impactos positivos en dos niveles; por un lado, desarrolla la capacidad del estudiante para evaluar críticamente la literatura científica y orienta la toma de decisiones basadas en la evidencia en la vida profesional y, por el otro, constituye una fuente de evidencia de alto grado para la comunidad científica internacional. Ejemplos

de algunos estudios realizados bajo esta modalidad son: Validez de tres métodos de inmuno-diagnóstico de neurocisticercosis: revisión sistemática de la literatura con meta-análisis 1960-2014 [17], Antigen detection in the diagnosis of histoplasmosis: a meta-analysis of diagnostic performance [18] y Prevalencia del virus papiloma humano y sus factores de riesgo en hombres: revisión sistemática [19]. Teniendo en cuenta los impactos positivos de los estudios descriptivos y las revisiones sistemáticas de la literatura y que ambas modalidades de investigación generan una gran cantidad de información con una inversión mínima de tiempo y dinero; se sugiere que instituciones o dependencias interesadas en implementar la investigación formativa fomenten este tipo de investigaciones.

En términos del área disciplinar en el que se desarrollaron las investigaciones, el estudio permitió evidenciar una amplia heterogeneidad que incluye temas sobre los microorganismos, células, parásitos, analitos y su relación con el proceso salud y enfermedad (objeto de estudio en microbiología clínica) (Ríos, Mesa) [10]; hasta los microorganismos y sus procesos en industria y el ambiente (objeto de estudio de la microbiología Industrial y Ambiental) [20]. En el primer grupo se destaca como modelo las investigaciones realizadas sobre leishmaniasis porque incluyen proyectos en todas las etapas del proceso de desarrollo de nuevos medicamentos incluida la investigación básica [21], estudios *in vitro* [22], estudios *in vivo* e investigaciones con implicaciones prácticas para orientar la elección terapéutica [23]. Es importante destacar que gran número de estas investigaciones se realizaron por la vinculación en la formación de estudiantes del grupo de investigación Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales (PECET) de la Universidad de Antioquia, grupo que ha sido reconocido internacionalmente por sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos medicamentos contra esta enfermedad, y que ha recibido apoyo del World Community Grid de IBM, del Drugs for Neglected Diseases initiative (DNDi) y de compañías farmacéuticas como Humax Pharmaceutical [24]. Lo anterior pone de manifiesto que la disponibilidad de recursos e infraestructura facilita que en estudiantes de pregrado se haga el tránsito entre la investigación formativa y la investigación en sentido estricto, incluso en campos tan complejos como el desarrollo de nuevos medicamentos.

En cuanto a la microbiología Industrial y Ambiental el estudio puso en evidencia varias investigaciones que buscan identificar nuevas enzimas, proteínas y microorganismos que mejoren procesos industriales [25], o que tienen potencial aplicación en procesos de biorremediación. En este punto es importante destacar que Colombia es el segundo país del mundo con mayor biodiversidad teniendo en cuenta criterios como la presencia de animales vertebrados, invertebrados y plantas [26], esto hace suponer la una enorme diversidad de microorganismos con aplicaciones en el sector agrícola, industrial, energético y sanitario, sin embargo, las investigaciones en este campo aún son incipientes en el país, por lo que se sugiere constituirlo en un foco estratégico para el desarrollo en los próximos años.

El estudio evidenció la vinculación de más del 80% de docentes-asesores con formación en maestría o doctorado, asimismo

se encontró una amplia diversidad de grupos de investigación propios de Microbiología y externos. La vinculación de asesores y grupos de investigación constituye una parte fundamental en el éxito de la implementación de la investigación formativa en la medida que proporciona una oportunidad de comunicación entre estudiantes y profesores no sólo académica sino personal, motiva a que algunos estudiantes continúen sus carreras en áreas orientadas a la investigación, incentiva la realización de posgrados y promueve la apropiación de métodos y conocimientos del quehacer científico y tecnológico [7,9]. Es importante destacar que este factor no obedece únicamente a una intencionalidad explícita de la Escuela de Microbiología, sino que está vinculada con la política Nacional del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colciencias con programas como el de "Jóvenes investigadores" que, desde el año 1995 y a través de Becas-pasantía, busca vincular a grupos de investigación a jóvenes investigadores e innovadores a nivel nacional [27].

Con respecto a la frecuencia de trabajos de grado que finalizan en una publicación en una revista especializada, se encontró un 38.5% para Microbiología clínica y 16.5% para Microbiología Industrial y Ambiental. En la literatura se encuentran varios estudios sobre las publicaciones que tienen participación estudiantil, así un estudio en Perú que incluyó 15 universidades diferentes, identificó la participación de estudiantes de medicina en la publicación de 50 artículos en revistas médicas indexadas en SciELO [28]. Específicamente en Colombia, un estudio sobre la participación de estudiantes de pregrado de medicina en revistas médicas, encontró 122 publicaciones [8] y un estudio que evaluó la producción investigativa en estudiantes de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, encontró que 11.8% (n=22) de los trabajos de investigación fueron publicados en revista [29]. Si bien comparar estas investigaciones es difícil por diferencias metodológicas como temporalidad de las investigaciones, número de estudiantes incluidos y características del programa de pregrado, constituyen un buen referente para evidenciar que 99 publicaciones por estudiantes de Microbiología es una frecuencia muy alta.

En este sentido, cabe mencionar que la implementación de la investigación formativa en Microbiología, su impacto en la producción científica, percepción de profesores y estudiantes puede utilizarse como modelo para implementar en otras universidades o dependencias de la misma universidad, con el fin de superar el retraso del país en indicadores de publicaciones por cien mil habitantes, ya que para el año 2014 era de 7.1 muy inferior a otros países de la región como Brasil con 19.5 y Chile con 40.6 [30].

Con respecto a los indicadores bibliométricos, se halló un índice h de 6 y el 52% de las publicaciones se encuentran en una revista categoría A. Al respecto, existe consenso en admitir que los artículos son el resultado más directo de la investigación y su calidad está dada por indicadores indirectos como el recuento de las publicaciones en revistas revisadas por pares, las citas recibidas por los trabajos publicados y el factor de impacto o la clasificación de las revistas de publicación [31]. En alusión al índice h, es importante destacar que este sistema

se ha convertido en el parámetro más importante para evaluar la producción científica de un investigador en términos de su impacto acumulado y relevancia. El índice ha sido originalmente creado para investigadores, pero también se ha empleado para instituciones, y como parámetros de referencia en países desarrollados, se dice que un índice h de 20, luego de 20 años de actividad científica caracteriza a investigadores exitosos, un índice de 40 después de 20 años caracteriza científicos sobresalientes y un índice de 60 luego de 20 años es característico de individuos excepcionales [32]. En este estudio el índice h fue de 6 para un periodo de investigación de 7 años, resultado importante si se tiene en cuenta que se trata de estudiantes de pregrado y que se desarrolla en un país científica y tecnológicamente menos competitivo que los de referencia.

Entre las principales limitaciones de este estudio se encuentra el

hecho de no incluir información de los trabajos de grado desde la creación de los programas en el año 2001 debido a falencias en la calidad y registro de la información.

Conclusiones

Este estudio puso de manifiesto que la implementación de la investigación formativa en Microbiología de la Universidad de Antioquia ha tenido un impacto positivo en términos de vinculación de grupos de investigación en el proceso formativo, indicadores bibliométricos y en la percepción de profesores y estudiantes. Esta información puede constituirse en la base para implementar un modelo adaptado a otras dependencias o universidades que ayude a posicionar las universidades locales en rankings internacionales, en los índices globales de innovación y a consolidar una cultura investigativa y de la innovación en los países en vías de desarrollo.

Referencias

- 1 Wasserman M (2001) Sobre la importancia de investigar en Colombia, un país subdesarrollado. *Biomédica* 21: 13-24.
- 2 Martínez F (2011) Los Rankings de Universidades: Una visión crítica. *Revista de la educación superior* 40: 77-97.
- 3 Restrepo GB (2005) Conceptos y aplicaciones de la investigación formativa, y criterios para evaluar la investigación científica en sentido estricto. Consejo Nacional de Acreditación de Colombia.
- 4 WIPO (2015) Global innovation index effective innovation policies for development.
- 5 Restrepo GB (2003) Investigación formativa e investigación productiva de conocimiento en la universidad. *Nómadas* 18: 195-202.
- 6 Parra MC (2004) Apuntes sobre la investigación formativa. *Educación y Educadores* 7: 57-77.
- 7 Nieminen P, Sipilä K, Takkinen HM, Renko M, Risteli L (2007) Medical theses as part of the scientific training in basic medical and dental education: Experiences from finland. *BMC Medical Education* 7: 51.
- 8 Alzate JP, Caicedo M, Saboyá DM, Pulido JC, Gaitán H (2014) Participación de estudiantes de pregrado de medicina en revistas médicas y académicas colombianas indexadas en pubindex, categorías A1 y A2, en el período 2009-2012: Revisión sistemática de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina* 62: 9-15.
- 9 Huamani C, Chávez P, Mayta Tristán P (2008) Aporte estudiantil en la publicación de artículos científicos en revistas médicas indexadas en Scielo-perú, 1997-2005. *Anales de la Facultad de Medicina* 69: 42-45.
- 10 Ríos OL, Mesa AA (2010) Programa de microbiología y bioanálisis Universidad de Antioquia - Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia.
- 11 Abdala E (2004) Manual para la evaluación de impacto de programas de formación para jóvenes.
- 12 Pineda HP (2000) Evaluación del impacto de la formación en las organizaciones. *Educar* 27: 119-133.
- 13 Tejada FJ, Ferrández LE (2007) La evaluación del impacto de la formación como estrategia de mejora en las organizaciones. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 9: 1-15.
- 14 Hirsch J (2005) An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America* 102: 16569-16572.
- 15 Luján-Tangarife J, Cardona-Arias JA (2015) Construcción y validación de escalas de medición en salud: Revisión de propiedades psicométricas. *Archivos de Medicina* 11: 1251.
- 16 Cardona-Arias JA (2015) Ortodoxia y fisuras en el diseño y ejecución de estudios descriptivos. *Revista Med* 23: 40-51.
- 17 Cardona-Arias JA, Carrasquilla-Agudelo YE, Restrepo-Posada DC (2017) Validez de tres métodos de inmuno-diagnóstico de neurocisticercosis: Revisión sistemática de la literatura con meta-análisis 1960-2014. *Revista Chilena de Infectología* 34: 33-44.
- 18 Fandiño-Devia E, Rodríguez-Echeverri C, Cardona-Arias J, González A (2016) Antigen detection in the diagnosis of histoplasmosis: A meta-analysis of diagnostic performance. *Mycopathologia* 181: 197-205.
- 19 Cardona-Arias JA, Puerta Suárez J, Flórez Duque J (2011) Prevalencia del virus papiloma humano y sus factores de riesgo en hombres: Revisión sistemática. *Infectio* 15: 268-276.
- 20 Ríos OL, Mesa AA (2011) Programa de microbiología industrial y Ambiental universidad de antioquia - Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia.
- 21 Pineda T, Valencia Y, Flórez M, Pulido S, Vélez I, et al. (2016) A non-commercial approach for the generation of transgenic leishmania tarentolae and its application in antileishmanial drug discovery. *Parasitology* 143: 1133-1142.
- 22 Sánchez SJ, Albarracín D, Rojas M, Rincón J, Robledo S, et al. (2010) Evaluación de la actividad citotóxica y leishmanicida de extractos y fracciones de piper cumense y Piper holtonii. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* 39: 21-29.
- 23 López-Carvajal L, Cardona-Arias JA, Zapata-Cardona M, Vélez I (2016) Efficacy of cryotherapy for the treatment of cutaneous leishmaniasis: Meta-analyses of clinical trials. *BMC Infectious Diseases* 16: 360.
- 24 <http://pecet-colombia.org/site/index.php>
- 25 Botero N, Londoño L, Rojas L (2016) Extracción de polifenoles totales asistida por enzimas, a partir de residuos de la industria del cacao. *Revista de Agronomía Colombiana* 34: 622-625.
- 26 <https://news.mongabay.com/2016/05/top-10-biodiverse-countries/>
- 27 Colciencias (2017) Proyectos ofertas Colciencias: Jovenes investigadores e innovadores.

- 28 Taype-Rondán Á, Lajo-Aurazo Y, Gutiérrez-Brown R, Zamalloa-Masías N, Saldaña-Gonzales M (2011) Aporte de las sociedades estudiantiles en la publicación científica en Scielo-Perú, 2009–2010. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 28: 691-692.
- 29 Noreña C, Rodríguez JF, Rodríguez LC, Olaya FM, Rojas CA (2011) Producción investigativa en estudiantes de la facultad nacional de salud pública de la universidad de Antioquia en el período 2004-2008. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 29: 75-84.
- 30 <http://www.fodese.gov.co/images/pdf/ColombiaCientifica.pdf>
- 31 Dorta P, Dorta MI (2010) Indicador bibliométrico basado en el índice h. *Revista Española de Documentación Científica* 33: 222-245.
- 32 Díaz GJ (2014) El índice h: Una forma objetiva de evaluar la producción científica de un investigador. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 61: 13-114.