

Patentes en biotecnología a nivel mundial en los últimos cuarenta años

Patents in biotechnology worldwide in the last forty years

*Luis-Fernando Restrepo-Betancur**

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v26n2.96802

RESUMEN

El conocimiento del número de patentes publicadas y otorgadas en las diferentes regiones del mundo es de vital interés para los entes de investigación a nivel mundial, ya que permite a los gobiernos establecer estrategias educativas y de inversión, con el objetivo de fomentar el desarrollo biotecnológico y de otras áreas del conocimiento, así como incrementar el número de proyectos, investigaciones e invenciones. En el presente artículo, se tuvo como objetivo efectuar una investigación con base en el número de patentes registradas y otorgadas en las diferentes zonas de clasificación geográfica, con base en la información divulgada por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO) referente a aspectos netamente relacionados con el campo de la biotecnología. Se utilizó análisis multivariado de la varianza (**MANOVA**) con contraste canónico de tipo ortogonal, mediante el modelo lineal general GLM, con transformación de datos basada en la familia BOX-COX; de igual forma se realizó análisis descriptivo exploratorio unidimensional y análisis de correlación por el método de Spearman. Se encontró diferencia altamente significativa entre el continente asiático y las demás zonas, respecto al número promedio de patentes publicadas por año ($p < 0,0001$). África, Latinoamérica y Oceanía ocupan los últimos lugares en el número de patentes publicadas y concedidas. La principal conclusión indica que existe una gran brecha entre Asia, Norte América y Europa respecto a África, Oceanía y Latino América en cuanto al número de invenciones patentadas en el campo de la biotecnología, debido básicamente a factores relacionados con la educación y la economía.

Palabras clave: análisis de varianza; creatividad; desarrollo tecnológico; innovación; invenciones.

ABSTRACT

Knowing the number of patents published and granted in different regions of the world is of vital interest to research entities worldwide, since it allows governments to establish educational and investment strategies, with the aim of promoting biotechnological development and other areas of knowledge, as well as increasing the number of projects, research and inventions. In this article, the objective was to carry out an investigation based on the number of patents registered and granted in the different areas of geographical classification, based on the information disclosed by the World Intellectual Property Organization (WIPO) on aspects clearly related to the field of biotechnology. Multivariate analysis of variance (**MANOVA**) with orthogonal canonical contrast was used, using the general linear GLM model, with data transformation based on the BOX-COX family; Similarly, one-dimensional exploratory descriptive and correlation analysis were carried out using the Spearman method. A highly significant difference was

* Estadístico, Especialista en Estadística, Especialista en Biomatemática. Docente Titular Universidad de Antioquia, Grupo STATISTICAL. Correo electrónico: frbstatistical@yahoo.es.
<http://orcid.org/0000-0002-8583-5028>. Correspondencia: lfernando.restrepo@udea.edu.co

found between the Asian continent and the rest of the geographical areas, with respect to the average number of patents published per year ($p < 0.0001$). Africa, Latin America and Oceania occupy the last places in the number of patents published and granted. The main conclusion indicates that there is a large gap between Asia, North America and Europe with respect to Africa, Oceania and Latin America in terms of the number of patented inventions in the field of biotechnology, basically due to factors related to education and the economy.

Key words: variance analysis; creativity; technological development; innovation; inventions.

Recibido: agosto 15 de 2023 **Aprobado:** septiembre 20 de 2024

INTRODUCCIÓN

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2015) define la biotecnología como “la aplicación de la ciencia y la tecnología en organismos vivos ya sea en partes, productos o modelos de estos, para alterar materiales vivos o muertos para la producción de conocimiento, bienes y servicios.” A lo largo de la historia la biotecnología ha permitido al ser humano desarrollar importantes investigaciones y avances en los campos de la medicina, la agricultura, la alimentación y, recientemente, en la genética humana (Rodríguez *et al.*, 2020). La biotecnología busca mejorar la calidad de vida y la economía de las sociedades mediante sus aplicaciones. Por ejemplo, en el área de la salud posibilita la implementación de sistemas de diagnóstico temprano y de tratamiento de enfermedades con el apoyo de una mayor tecnología; en la agricultura mejora el rendimiento, la resistencia a plagas y el contenido nutricional de los alimentos, además de ofrecer una variedad de alternativas para los componentes no alimentarios de los cultivos como la producción de aceites vegetales, biocombustibles y materiales biodegradables; y por otro lado, en el sector ecológico utiliza procesos de biorremediación que incluyen el tratamiento adecuado de los residuos, el reciclaje y la limpieza de sitios contaminados por sectores industriales para ayudar a la recuperación del medio ambiente (Hodson *et al.*, 2012).

Es importante hacer una clasificación y diferenciación en el tiempo entre la biotecnología antigua o tradicional, que se remonta a los orígenes de las primeras civilizaciones, y la biotecnología moderna, que se consolida en el siglo XX. La primera de estas surge a partir de descubrimientos como la posibilidad de convertir leche en yogurt o en queso; o que el jugo de uva fermentado puede convertirse en vino y que la malta puede producir cerveza. Estos acontecimientos le permitieron al ser humano mejorar, potenciar y conservar los cultivos a partir de ciertos microorganismos, hasta llegar a la producción de las primeras vacunas para la cura de enfermedades. Posteriormente entre mediados y finales del siglo XX, surge la biotecnología moderna, que utiliza técnicas de investigación biológica y molecular que consisten en la

manipulación del código genético, y que posteriormente da paso a lo que se conoce como la ingeniería genética y a los anticuerpos monoclonales (Muñoz, 2014).

La biotecnología es un ejemplo más de cómo la ciencia con el apoyo de la tecnología, a partir del conocimiento de los seres vivos y la aplicación de técnicas especializadas, mejoran sustancialmente la calidad de vida del ser humano y al mismo tiempo aportan a la protección del medio ambiente. Esto ha hecho que la biotecnología moderna se convierta en una herramienta fundamental para el desarrollo y sostenibilidad de los países, en especial en el campo de la agricultura y la alimentación. Esta ciencia multidisciplinaria se basa en la ingeniería genética, el diagnóstico molecular de patógenos, la micropropagación *in vitro*, y el uso de microorganismos como los virus, las bacterias y los hongos que posibilitan el aumento en la producción y el rendimiento de los cultivos, además de garantizar la seguridad alimentaria (Randy *et al.*, 2020). Es importante resaltar que la biotecnología no solo contribuye al mejoramiento de los cultivos, sino también a la satisfacción de la demanda los consumidores, quienes pueden disfrutar de productos de mayor calidad, más frescos y con más nutrientes, lo que hace de la biotecnología un agente importante en términos económicos, ya que contribuye a mejorar la sostenibilidad de los países y la condición nutricional de sus habitantes (Dos santos *et al.*, 2012).

No se puede desconocer que la biotecnología juega un papel importante en el campo de la economía del conocimiento, que es el sector de la economía que genera riqueza y valor mediante información transformada en nuevos avances científicos, ya que puede ofrecer, mediante sus innovaciones y aplicaciones, diversas soluciones y alternativas para las problemáticas productivas, ambientales y de salud actuales (Morales & Amaro, 2019). Por ejemplo, hoy en día la humanidad experimenta un crecimiento poblacional a gran escala, que podría traer como consecuencia una crisis alimentaria mundial. Una manera de enfrentar esta situación sería utilizando la biotecnología que utiliza microorganismos para la masificación de la producción, el desarrollo de aditivos alimentarios e inclusive la creación de nuevos

alimentos que satisfagan la demanda actual. En este sentido, los microorganismos juegan un rol importante para la exploración de moléculas y procesos, además del conocimiento de nuevas especies en especial dentro del grupo de la Archaea que podrían impulsar la producción a gran escala. La biodiversidad de estos microorganismos puede ayudar a resolver no solo problemas de índole alimenticio, sino también de control de plagas, descomposición de residuos y la biodegradación de los xenobióticos, entre otros (Ostos *et al.*, 2019).

En el marco de la farmacéutica, la biotecnología moderna representa una herramienta clave en términos de innovación, comprensión y tratamiento de enfermedades. Por ejemplo, la producción en grandes cantidades de hormonas, proteínas, anticoagulantes, anticuerpos y antígenos es posible gracias al uso de células microbianas recombinantes que ha desarrollado la biotecnología (Borghese *et al.*, 2016). Al mismo tiempo, se han desarrollado ramas como la agricultura molecular farmacéutica (modificación genética de plantas para que generen productos químicos y proteínas que son útiles para la medicina), y la nanotecnología farmacéutica (que incluye las áreas de química combinatoria, macromoléculas biológicas, terapia génica, biosensores, etc.). Las investigaciones que se adelantan utilizando estos sistemas, brindan una gran esperanza a la humanidad en el tratamiento de enfermedades como el cáncer y la diabetes, gracias a las investigaciones de activos como anticáncer, antioxidantes, antidiabetes y antiviral (Prasetya & Deswina, 2009).

En este sentido, la importancia de la biotecnología moderna y de sus diferentes ramas radica en las oportunidades de desarrollo, sostenibilidad y calidad de vida que pueden ofrecer a la población mundial. De hecho, cada vez son más los países que consideran de suma importancia impulsar estas tecnologías a través de políticas públicas y planes de desarrollo gubernamentales por el potencial que estas representan (Amaro & Villavicencio, 2015).

La pregunta de investigación del presente estudio, está asociada al objetivo de establecer si existe diferencia estadística entre regiones en relación con el número de patentes publicadas y concedidas en el campo de la biotecnología durante las últimas cuatro décadas en el mundo. Donde se describe la inversión en I+D (Investigación y Desarrollo) por parte de las diferentes regiones del mundo a lo largo del periodo evaluado. Las patentes representan una serie de documentos que incluyen información tecnológica que no se suele divulgar, y abarca prácticamente todos los sectores de la tecnología dentro de los que se destaca la biotecnología. La biotecnología emplea diferentes técnicas que incorporen organis-

mos vivos, o parte de ellos para hacer o modificar productos, mejorar plantas o animales, o desarrollar microorganismos para usos específicos (Arcudia, 2015, p.168).

El presente artículo tuvo como objetivo efectuar una investigación con base en el número de patentes registradas y otorgadas en las diferentes zonas de clasificación geográfica, con base en la información divulgada por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual WIPO referente a aspectos netamente relacionados con el campo de la biotecnología.

Problematización en el desarrollo de la biotecnología

La biotecnología es una de las áreas de la ciencia de más rápido avance que ha supuesto una mejora significativa en diferentes campos como la agricultura, la medicina, la industria farmacéutica, la ciencia medioambiental, entre otras. La titularidad de las patentes en el campo de la biotecnología es especialmente importante para el desarrollo de las diferentes naciones y sus empresas. Las patentes y publicaciones adelantadas por diferentes científicos en biotecnología pueden ser de vital interés para el avance en el área (Gianluca, *et al.*, 2021).

Las innovaciones biotecnológicas son inminentes en el futuro, en este campo se deben establecer políticas claras de oportunidad para que los países en desarrollo o en vía de desarrollo, prospecten de mejor manera dichos avances en bien de la población. Las agencias reguladoras deben desempeñar funciones para proteger la salud pública, garantizar la bioseguridad, prevenir el bioterrorismo y los daños medioambientales. Se deben proporcionar mecanismos para evaluar la seguridad de los productos biotecnológicos y, al mismo tiempo, ofrecer un marco para impulsar la innovación y aumentar la transparencia en el desarrollo de nuevos productos, a través de procesos coordinados, eficientes y previsibles. Las naciones están estableciendo cooperación en diversos aspectos tecnológicos, el apoyo biotecnológico puede cambiar el rumbo de la aceptación pública mundial en un futuro próximo (Mohammad *et al.*, 2019).

En el debate sobre los aspectos positivos y negativos relacionados con el avance en biotecnología, las sociedades democráticas modernas demuestran que se deben establecer diálogos necesarios para comprender mejor todas las ventajas y desventajas en relación con la aplicación de nuevas técnicas, las cuales han de repercutir en la población teniendo en cuenta aspectos morales y éticos que pueden tener un gran impacto en el tiempo, de ahí que sea necesario establecer un marco jurídico adecuado que regule este ámbito con el fin de proteger los derechos de las personas. La cooperación internacional en el campo de la regulación legal y ética del

desarrollo e implementación de la biotecnología es de especial relevancia hoy en día. La bioética juega un rol fundamental para establecer políticas de acuerdos y prácticas interdisciplinarias entre naciones del mundo (Neshmetdinova *et al.*, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo comparativo de tipo longitudinal. Para llevar a cabo el proceso investigativo se diseñó una base de datos en el paquete EXCEL versión 2010 con base en la información reportada por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual WIPO en el portal STATISTICS DATABASE, referente al número de patentes publicadas y concedidas a nivel mundial por continente. La clasificación se realizó teniendo en cuenta las diferentes regiones del mundo y las variables objeto de estudio. En este trabajo investigativo se empleó la base WIPO ya que es el dominio con la mayor información de calidad relacionado con el tema a nivel orbital.

WIPO define una patente como un derecho exclusivo concedido para una invención, que es un producto o un proceso que proporciona, en general, una nueva forma de hacer algo u ofrece una nueva solución técnica a un

problema. Para obtener una patente la información técnica sobre la invención debe divulgarse al público en una solicitud de patente. Cabe anotar que las patentes concedidas se otorgan esencialmente a los creadores y fabricantes de una obra protegiendo esa obra durante un periodo de tiempo determinado. Las solicitudes de patentes publicadas para invenciones no otorgan estos derechos a los creadores de las obras, sino que simplemente dicen que las obras podrían estar protegidas en el futuro. Las políticas relacionadas con las patentes dependen de cada nación, cuando ella aplica solo al territorio y mediante el tratado de cooperación en materia de patentes (PCT) que ofrece WIPO, se establece la asistencia a los solicitantes que buscan protección internacional para sus invenciones.

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó la técnica multivariada de la varianza **MANOVA** con contraste canónico ortogonal, mediante el **MODELO LINEAL GENERAL GLM** teniendo en cuenta de manera simultánea el número de patentes publicadas y concedidas; se logró establecer la dimensionalidad de la comparación multidimensional, por medio del criterio de máxima verosimilitud, observando el mayor valor propio significativo. El estudio se efectuó con variables respuestas

Tabla 1. Número total de patentes publicadas por década y región

	Década			
Zona	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Asia	21107	36773	95029	243232
África	1699	2926	3410	2907
Europa	34792	41567	64333	67088
Latinoamérica	792	3543	12042	26981
Norteamérica	8799	39167	101163	109783
Oceanía	4032	17158	19976	19394
	Coeficiente de variación			
Zona	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Asia	40,4	9,7	25,6	31,1
África	41,3	11,4	39,5	67,2
Europa	21,1	11,1	12,1	10,9
Latinoamérica	27,8	67,7	18,3	45,4
Norteamérica	23,4	42,8	24,1	7,4
Oceanía	61,3	29,3	19,8	22,2

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

Tabla 2. Número total de patentes concedidas por década y región.

	Década			
Zona	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Asia	5893	11785	29302	102184
África	1671	2374	3123	2251
Europa	19728	20263	26089	38262
Latinoamérica	212	3696	129	3394
Norteamérica	8794	18329	38622	61276
Oceanía	1331	4609	8289	11650
	Coeficiente de variación			
Zona	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Asia	18,4	29,5	42,1	23,8
África	41,5	28,1	40,4	86,5
Europa	16,2	11,1	25,2	20,1
Latinoamérica	81,5	268,6	113,9	96,9
Norteamérica	23,4	58,9	12,8	14,4
Oceanía	56,4	29,1	10,1	14,4

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

de tipo cuantitativo discreto, las cuales están asociadas a distribuciones probabilísticas de tipo poisson, se utilizó transformación de datos basada en la familia BOX-COX con el fin de convalidar los supuestos del modelo. El análisis se complementó por medio de la técnica no paramétrica de correlación por el método de Spearman y análisis descriptivo exploratorio de tipo unidimensional. El paquete estadístico utilizado fue SAS University.

Cabe anotar que el análisis **MANOVA** permite detectar si existe divergencia al comparar de manera simultánea tanto las patentes publicadas como citadas entre regiones del mundo, lo cual se hace por medio del **MODELO LINEAL GENERAL**. El análisis canónico permite determinar dónde se encuentra la diferencia estadística.

RESULTADOS

África, Latinoamérica, y Oceanía, son las regiones del mundo con el menor número de patentes publicadas y otorgadas. Asia supera el total de patentes obtenidas por las demás regiones del mundo en la última década, presentando uno de los menores coeficientes de variación. En la primera década del 2000 Estados Unidos superó a Europa. África tiene una dinámica de comportamiento

muy heterogéneo al igual que Latinoamérica para el último periodo de tiempo evaluado, de acuerdo con el comportamiento del coeficiente de variación (Tabla 1).

En lo relacionado con el número de patentes concedidas, Asia y Norteamérica lideran las estadísticas en las últimas dos décadas, siendo más homogénea Norteamérica. Latinoamérica presenta una dinámica heterogénea, lo que indica que hay un bajo desarrollo en el campo de la biotecnología a través del tiempo en la región (Tabla 2).

Existe asociación significativa y directamente proporcional entre Asia y otras como Europa, Norteamérica, Oceanía y Latinoamérica. África no se correlacionó con ninguna otra zona geográfica en lo referente al número de publicaciones en biotecnología, de acuerdo a lo establecido por el coeficiente de correlación de Spearman (Tabla 3).

En las últimas dos décadas, Asia supera estadísticamente a las demás zonas del mundo en lo referente al número promedio de patentes publicadas, mientras que en la década de los 80 Europa ocupaba el primer lugar. África y Latinoamérica son las regiones con menor desarrollo (Tabla 4).

Tabla 3. Matriz de correlación por el método de Spearman.

Matriz de correlación patentes publicadas						
Zona	Asia	África	Europa	Latinoamérica	Norteamérica	Oceanía
Asia	1,0	0,22	0,84	0,93	0,90	0,67
África		1,0	0,23	0,21	0,37	0,37
Europa			1,0	0,81	0,90	0,58
Latinoamérica				1,0	0,89	0,64
Norteamérica					1,0	0,64
Oceanía						1,0
Matriz de correlación patentes concedidas						
Zona	Asia	África	Europa	Latinoamérica	Norteamérica	Oceanía
Asia	1,0	0,18	0,78	0,50	0,88	0,89
África		1,0	0,15	-0,26	0,15	0,20
Europa			1,0	0,51	0,67	0,69
Latinoamérica				1,0	0,28	0,34
Norteamérica					1,0	0,94
Oceanía						1,0

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

Tabla 4. Análisis comparativo relacionado con el número de patentes promedio por año.

Patentes publicadas promedio por año					
Zona	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	Total
Asia	2110 b	3677 a	9502 a	24323 a	9903 a
África	169 d	292 c	341 d	291 e	274 d
Europa	3479 a	4156 a	6433 b	6709 c	5195 b
Latinoamérica	79 d	354 c	1204 c	2698 d	1084 c
Norteamérica	880 c	3917 a	10116 a	10978 b	6473 b
Oceanía	403 d	1715 b	1998 c	1939 d	1514 c
Patentes concedidas promedio por año					
Zona	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	Total
Asia	589 c	1360 b	2930 b	10218 a	3774 a
África	167 d	286 c	312 d	225 d	248 b
Europa	1972 a	2218 a	2609 b	3826 c	2657 a
Latinoamérica	21 e	49 d	13 e	339 d	107 b
Norteamérica	879 b	2591 a	3862 a	6127 b	3365 a
Oceanía	133 d	572 c	828 c	1165 d	674 b

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

Tabla 5. Coeficiente de correlación entre patentes publicadas y otorgadas.

	Década			
	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
África	0,99	0,99	0,87	0,96
Asia	0,07	0,68	0,81	0,64
Europa	0,62	-0,73	0,22	0,64
Norte América	0,99	0,98	0,68	0,85
Latino América	0,95	0,36	0,46	0,89
Oceanía	0,89	0,29	-0,39	-0,07
Indica relación estadística significativa (p<0,05)				

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

Tabla 6. Análisis multivariado de la varianza.

Prueba Estadística	Década	Década	Década	Década
	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
	Valor P	Valor P	Valor P	Valor P
Wilks' Lambda	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Pillai's Trace	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Hotelling-Lawley	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Roy's Greatest R	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

El análisis comparativo permitió establecer diferencia estadísticamente significativa entre Europa y las demás regiones para la década de los 80. Posteriormente, en la década de los 90 Estados Unidos igualó las cifras del continente europeo, y en las décadas siguientes logró superarlas. Asia y Norteamérica no presentaron divergencia en la segunda década del siglo actual. Latinoamérica ocupó el último lugar en lo relacionado al número promedio de patentes otorgadas por año (Tabla 4).

Al evaluar la relación entre las patentes publicadas y otorgadas por el método no paramétrico de Spearman, se pudo observar que África posee la mayor correlación, seguida de Oceanía; Asia pasó de tener una asociación de 0.29 para la década de los 80, a tener una relación directa de 0.73 para la primera década de los 2000. Europa y Norteamérica han disminuido de manera notoria la correlación (Tabla 5).

El análisis multivariado de la varianza **MANOVA**, el cual incorpora de manera conjunta en la comparación el número de patentes publicadas y otorgadas, indicó que existe una diferencia altamente significativa ($p<0,0001$) entre las zonas evaluadas (Tabla 6).

El análisis canónico derivado del **MANOVA** permitió ratificar la divergencia entre Asia, Europa y Norte América respecto a las demás zonas evaluadas, referente al número de patentes públicas y otorgadas (Tabla 7).

En la siguiente tabla se puede apreciar la inversión en las diferentes partes del mundo expresada como porcentaje del PIB, en relación con el gasto en investigación y desarrollo aportado por el sector público y privado. Se puede apreciar una gran brecha entre países con ingresos altos respecto a naciones con ingresos bajos, como lo clasifica el Banco Mundial (Tabla 8).

Tabla 7. Análisis canónico por década.

Década	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
África	c	c	c	d
Asia	b	b	a	a
Europa	a	a	b	b
Norte América	ab	a	a	a
Latinoamérica	c	c	c	d
Oceanía	c	c	c	c
Letras distintas indican diferencia estadística ($p < 0,05$)				

Fuente: elaboración propia con base en la información reportada por WIPO.

Tabla 8. Inversión en investigación y desarrollo en diferentes partes del mundo .

Década	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
África	0,18	0,22	0,44	0,45
Asia	0,55	0,58	1,09	1,88
Europa	1,68	1,72	2,05	2,11
Norte América	2,51	2,62	2,84	3,41
Latinoamérica	0,57	0,60	0,62	0,75
Oceanía	1,55	1,66	2,2	2,15
Países con ingresos altos	2,12	2,25	2,54	2,93
Países con ingresos bajos	0,21	0,24	0,31	0,34

Fuente: elaboración propia con base en los datos reportados por el Banco Mundial.

DISCUSIÓN

Estados Unidos, la Unión Europea, los países que conforman la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) al igual que China, invierten una cantidad significativa en I+D (Investigación y Desarrollo) relacionado con el producto interno bruto (PIB) el cual es superior al 2%, en América Latina y el Caribe el gasto en I+D relativo al PIB es cuatro veces inferior, reduciéndose en los últimos años, al pasar de un 0,65% del PIB en 2013 al 0,56% en 2019 (CEPAL, 2021). En la presente investigación se aprecia que las regiones con mayor inversión son las de mayor avance en el número de patentes publicadas y concedidas. El PIB en Norteamérica supera el 3,4% en la última década, seguido de Europa, Oceanía y Asia, mientras en África y Latinoamérica el PIB está por debajo del 1% lo que representa una divergencia estadística entre regiones del mundo ($p < 0,05$). Asia pasó de 589 patentes concedidas en la década del

ochenta a 10.218 en el último periodo evaluado, mientras en África y Latinoamérica no ha existido un avance significativo en el número de patentes. De otro lado se observa mayor correlación entre Norteamérica, Europa y Asia en relación con el tema tratado, dejando claro que posiblemente existe mayor interacción entre científicos de dichas regiones del mundo.

Con la finalidad de promover e impulsar la biotecnología, se deben implementar políticas que establezcan una serie de lineamientos para fomentar los proyectos e investigaciones. En este sentido la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación (PCTI) busca garantizar la disponibilidad, difusión y acceso a la información y al conocimiento, además de fomentar la innovación, brindar acceso a la infraestructura y a las herramientas para desarrollar las investigaciones científicas y tecnológicas y formar en temas de recursos humanos (Casper & Van Waarden, 2005). Cada vez es más importante impulsar

la unión de las tecnologías de la información con las ciencias, dando paso a los campos tecnocientíficos. De allí nace el término de tecnologías convergentes que, a partir de una sinergia entre las TIC y la Biotecnología, Nanotecnología y las Ciencias Cognitivas buscan facilitar e impulsar la innovación, la creación de conocimiento y el uso de la tecnología para la solución de problemáticas actuales (Moran, 2019).

Si bien el desarrollo de las investigaciones científicas y tecnológicas es de suma importancia para los países, el hecho de patentarlas también lo es porque garantiza el derecho a la propiedad por parte de sus creadores. En el parágrafo 2 del artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos se establece “el derecho de toda persona a la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora”. A partir de ello surge lo que se conoce como la propiedad intelectual, que hacen referencia a la serie de derechos que se conceden al titular de una patente, producto, tecnología o marca y que, como cualquier otro derecho de propiedad, le permiten a su creador beneficiarse de su invención. La propiedad intelectual se clasifica en dos categorías: la Propiedad Industrial, que abarca todo lo relacionado con patentes de invención, marcas, diseños industriales y denominaciones de origen y el Derecho de Autor, que comprende las obras literarias, musicales, artísticas y audiovisuales. Una patente entonces es el derecho exclusivo otorgado sobre una invención, que a su vez es una nueva manera de hacer algo, es decir, un producto o proceso diferente a los ya existentes que ofrece una solución técnica a una problemática. En este sentido, las patentes protegen al titular durante un periodo limitado, es decir, evitan que la invención sea distribuida, utilizada, configurada o vendida sin una autorización legal del creador o dueño de la patente (Soto *et al.*, 2015).

Las estadísticas de las patentes publicadas en un país o región son un indicador relevante del desarrollo científico y tecnológico. La importancia de las patentes en las economías emergentes radica en que estas atraen la inversión extranjera y estimulan la llegada de nuevas investigaciones e innovaciones. Al mismo tiempo, funcionan como una fuente de información confiable a la hora de analizar los cambios y las cifras en el desarrollo tecnológico del sector, así mismo las patentes, que son el mecanismo por medio del cual se otorga un derecho exclusivo y temporal a su inventor, contribuyen a la planificación de Investigación, Desarrollo e Innovación (I + D + i) en las regiones (Da Silva *et al.*, 2020; Díaz & De-Moya, 2008). Las patentes juegan también un papel importante en lo referente a la medición del grado de in-

teracción entre las universidades y las empresas, un indicador crucial a la hora de evaluar la evolución y estructura de las sociedades. Se puede evidenciar que los países líderes en términos tecnológicos presentan un alto grado de cooperación entre ambos sectores, mientras que los países de menor desarrollo tecnológico buscan fortalecer estas uniones (Campa, 2018).

Las patentes se han convertido también en fichas claves de la competencia entre las empresas, al punto que funcionan como una especie de activo que posibilita las transacciones entre ellas buscando que estas puedan posicionarse en el mercado, redefinir posiciones jerárquicas y ganar poder de negociación. En este sentido, las licencias de las patentes son un componente importante de los mercados actuales del conocimiento, ya que resuelven disputas legales entre las empresas y facilitan acuerdos de licencias cruzadas al ser consideradas como activos líquidos intercambiables. La posibilidad de combinar patentes en las carteras de las empresas y las expectativas que existen acerca de su valor, configura la manera en que interactúan con el mercado las empresas relacionadas con la ciencia y la tecnología (Morales *et al.*, 2019).

Hoy en día se presenta un incremento vertiginoso del valor de mercado de las grandes empresas dedicadas al desarrollo tecnológico basado en datos y análisis de información, como es el caso de Google, Amazon, Facebook, Apple y Microsoft. Los cuales se han convertido en monopolios intelectuales, donde cada uno de ellos construye, rediseña y lidere un sistema organizado y controlado por una empresa dominante pero constituido también por una multitud de empresas e instituciones de conocimiento más o menos subordinadas que participan en múltiples procesos de producción e innovación. Los monopolios antes citados interactúan mediante alianzas científicas con universidades y otras instituciones de investigación, pero rara vez comparten propiedad intelectual, se benefician de las comunidades de código abierto y adquieren tecnología mediante la adquisición de empresas emergentes prometedoras (Rikap & Lundvall, 2020). En el caso de las grandes farmacéuticas que se identifican con lo denominado capitalismo contemporáneo, se destacan tres aspectos: su alcance transnacional, la primacía de poder que ejercen sobre los participantes en los diferentes procesos de innovación y la relevancia de lo que se denomina competencia tecnológica entre empresas y naciones líderes en el mercado farmacéutico (Rikap, 2019).

De otro lado con el desarrollo de la biotecnología moderna se inicia un debate ético acerca del uso de seres vivos y del material de reproducción para el beneficio

de la industria, ya que comienzan a utilizarse de manera indiscriminada los microorganismos, animales, plantas y material genético en general, situación que fue denunciada por diversos sectores. A raíz de esto, las instituciones, los tribunales de justicia y las oficinas de patentes empezaron a considerar una relación entre los principios éticos y la propiedad industrial. Ejemplo de esta realidad se vivió en Europa con la creación de la Directiva Europea sobre Protección de las Innovaciones Biotecnológicas 98/44/CE, que después de un debate de varios años en el que inicialmente no se tuvieron en cuenta los principios éticos y el manejo de los seres vivos en estos procesos, finalmente marcó una diferencia frente a las anteriores directrices, al punto que casi la mitad del contenido aprobado, incluye temas éticos relacionados con el tratamiento de los seres vivos (Avendaño *et al.*, 2016)

A raíz del constante desarrollo de la biotecnología comenzó a crearse una línea fronteriza muy delgada entre lo que es un invento patentable y un descubrimiento, rompiendo el tradicional equilibrio que tradicionalmente reflejaban cada uno de estos frentes y de acuerdo con sus objetivos particulares. En busca de una solución a los conflictos que pudieran presentarse, la expedición de leyes y las decisiones de los estrados contribuyeron no sólo a la implementación efectiva de la patentabilidad, sino también a que los sectores inmersos en el mundo de la ciencia aceptaran las normas como el camino para recuperar el equilibrio en la comercialización de la misma (Avendaño *et al.*, 2016). Un caso que refleja esta realidad es el relacionado con las patentes de medicamentos, que al tiempo que privilegia la propiedad intelectual, estimula el monopolio al dificultar la presencia de la competencia, e incide de manera especial en los precios (Lema, 2015).

Se destaca el incremento en el número de patentes publicadas en los continentes de Asia, Norteamérica y Europa a través del tiempo, resaltando que dichas regiones cuentan con la mayor inversión de capital para el desarrollo científico en el campo de la biotecnología; adicionalmente, presentaron un patrón homogéneo en el último periodo evaluado respecto a las demás zonas del mundo. No cabe duda de que el número de patentes publicadas y concedidas son el reflejo de la calidad y la capacidad para innovar en una región, además de jugar un papel importante al proporcionar información científico-tecnológica crucial en las estrategias competitivas (Diessler, 2010). En la presente investigación se detectó diferencia estadística entre Asia, Europa y Norte América respecto a las demás zonas evaluadas referente al avance en las patentes registradas y concedidas en biotecnología

($p < 0,05$), lo que coincide con los diferentes estudios citados en los que se describe el avance de dichas regiones a lo largo del tiempo.

Una clave para conocer y estar al día con los avances tecnológicos y el progreso de la investigación en los países del mundo, es tener acceso a las bases de datos que manejan las instituciones especializadas en estos temas, entre ellas la Oficina Norteamericana de Patentes (USPTO), la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), y la Oficina Europea de Patentes (EPO) (Hidalgo *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Existe una gran brecha entre Asia, Norteamérica y Europa respecto a Oceanía, Latinoamérica y África, en lo relacionado al número de patentes publicadas y concedidas en el área de la biotecnología. Dicha divergencia se puede atribuir a la inversión en educación e inversión en grupos científicos que desarrollan inventos en pro de la humanidad.

Se encuentra que los países en vía de desarrollo poco invierten en apoyar investigaciones científicas que permitan el desarrollo de nuevas patentes, si lo hicieran sería posible que las naciones más pobres comenzaran a cerrar un poco la brecha tecnológica. Precisamente debido a esta gran brecha, estos países deben importar bienes y servicios provenientes de países desarrollados que cuentan con grandes tecnologías y capacidad científica, como sucede hoy en día con la vacuna para combatir el COVID-19, la cual está patentada por Estados Unidos, Inglaterra, Rusia, China, Japón y Alemania. La mayoría de los países en desarrollo proporcionan datos a monopolios intelectuales sin participar significativamente en otros pasos de sus sistemas de innovación.

Una de las principales dificultades que ha tenido Colombia para potenciar el desarrollo de la biotecnología es la poca capacidad de inversión y el limitado presupuesto de entidades como Colciencias, que se encargan de impulsar estos temas e investigaciones a nivel nacional. Esto se debe a que las grandes inversiones se orientan hacia otras áreas de la economía y en buena medida a que quienes tienen la posibilidad de realizar doctorados fuera del país, cuando finalizan sus estudios y retornan a la nación, no encuentran los espacios para poner en práctica sus conocimientos y apoyar el desarrollo de investigaciones que trasciendan las fronteras. Lo mismo sucede en otros países con recursos precarios para invertir en desarrollo científico.

REFERENCIAS

- Amaro-Rosales, M., & Villavicencio-Carbajal, D. H. (2015). Incentivos a la innovación de la biotecnología agrícola-alimentaria en México. *Revista Estudios Sociales*, 23(45). <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n45/v23n45a2.pdf>.
- Arcudia, A. H. (2015). Patentes sobre invenciones biotecnológicas: criterios legales y jurisprudenciales europeos y su aplicabilidad en el derecho mexicano. *Entreciencias*, 3 (7), 167-182.
- Avendaño-Vega, R., Chaves-Solano, N., Fuentes-Schwizer, P., Sánchez-Chacón, E., Jiménez, J. I., & Chavarría-Vargas, M. (2016). Producción de nanopartículas de selenio en *Pseudomonas putida* KT2440. *Scientific Reports*, 6 (37155). <http://dx.doi.org/10.1038/srep37155>.
- Bergel, S. D. (2014). Investigación científica y patentes: análisis ético- Jurídico de sus relaciones. *Revista Bioética*, 22(3), 416-426. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-80422014223023>.
- Borghese, R., Brucalé, M., Fortunato, G., Lanzi, M., Mezzi, A., Valle, F., Cavallini, M., & Zanoni, D. (2016). Producción extracelular de nanopartículas de telurio por la bacteria fotosintética *Rhodobacter capsulatus*. *J. Hazard. Mater.* 309, 202-209. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.02.011>.
- Campa, J. I. (2018). Patentes y desenvolvimiento tecnológico en México: un estudio comparativo entre la época de industrialización proteccionista y el régimen de apertura. *América Latina en la Historia Económica*, 25(3), 223-257. <https://doi.org/10.18232/alhe.879>.
- Casper, S., & Van Waarden, F. (2005). *Innovation and institutions A Multidisciplinary Review of the Study of Innovation Systems (New Horizons in The Economics of Innovation)*. Reino Unido, Edward Elgar 307. ISBN: 9781843762119. <https://econpapers.repec.org/bookchap/elgebook/2936.htm>
- CEPAL. (2021). *Países abogaron por un rol más activo de la ciencia, innovación y nuevas tecnologías en las políticas de desarrollo económico, productivo y social de la región*. <https://www.cepal.org/es/comunicados/paises-abogaron-un-rol-mas-activo-la-ciencia-innovacion-nuevas-tecnologias-politicas>.
- Da Silva-Florêncio, M. N., De Oliveira-Junior, A., & De Souza-Abud, A. K. (2020). Desenvolvimento tecnológico da biotecnologia para a saúde no Brasil. *International Journal of Innovation*, 8(3), 541-563. <https://doi.org/10.5585/iji.v8i3.17928>.
- Díaz-Pérez, M., & De Moya-Anegón, F. (2008). El análisis de patentes como estrategia para la toma de decisiones innovadoras. *El Profesional de la Información*, 17 (3), 293-302. <https://doi.org/10.3145/epi.2008.may.05>.
- Diessler, G. (2010). Las patentes como fuente de información para la innovación en entornos competitivos. *Información Cultural y Sociedad*, n. 22, 43-77. <https://www.redalyc.org/pdf/2630/263019489003.pdf>.
- Donadio-Linares, L. (2016). La biotecnología en Argentina: nuevos productos, nuevos desafíos multilaterales. *Revista Derecho del Estado*, n. 36, 69-92. <https://www.redalyc.org/pdf/3376/337646465003.pdf>.
- Fabiano, G., Marcellusi, A., Favato, (2021). G. R versus D, from knowledge creation to value appropriation: Ownership of patents filed by European biotechnology founders. *Technovation*, 108, 102328. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102328>.
- Hidalgo-Nuchera, A., Iglesias-Pradas, S., & Hernández-García, Á. (2009). Utilización de las bases de datos de patentes como instrumento de vigilancia tecnológica. *El Profesional de la Información*, 18(5), 511-519. <https://doi.org/10.3145/epi.2009.sep.04>.
- Hodson, E., Castaño-Hernández, A., & Uscátegui, M. A. (2012). *Módulo Biotecnología Agrícola Moderna, Organismos Genéticamente Modificados Bioseguridad*. Consejo Superior de la Judicatura, Escuela Judicial Rodrigo Lara Bonilla. Bogotá, 223 p. ISBN 978-958-99102-2-1.
- Lema-Spínelli, S. (2015). Acceso a los medicamentos: las patentes y los medicamentos genéricos. Las consecuencias de considerar al medicamento como un bien de mercado y no social. *Revista de Bioética y Derecho*, 34, 81-89. <https://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n34/articulo7.pdf>
- Martínez-Méndez, F. J., Pastor-Sánchez, J. A., & López-Carreño, R. (2010). Las patentes como indicador de la actividad científica en las universidades españolas. *El Profesional de la Información*, 19(2), 168-174. <https://doi.org/10.3145/epi.2010.mar.07>

- Mohammad, A. S., Mozaffor, M., Tabassum, M., Saikat, T. R., Kabir, N., & Akram, M. (2019). Societal Concerns with Biotechnology and Necessity of Regulations. *Bangladesh Journal of Bioethics*, 10(2), 7-13. <https://doi.org/10.3329/bioethics.v10i2.50660>.
- Morales-Sánchez, M. A., & Amaro-Rosales, M. (2019). *La biotecnología en México. Innovación tecnológica, estrategias competitivas y contexto institucional. Facultad de Economía, UNAM*. ISBN: 978-607-30-2106-7.
- Morales-Sánchez, M. A., Amaro-Rosales, M., & Stezano-Pérez, F. A. (2019). Tendencias tecnológicas en el sector biotecnológico: análisis de patentes en México y Estados Unidos. *Economía Teoría y Práctica*. 27 (51), 17-44. <http://dx.doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/512019/Morales>.
- Morán-Reyes, A. (2019). Las tecnologías convergentes (nanotecnología, biotecnología y las ciencias cognitivas) y su relación con la bibliotecología. *Revista e-Ciencias de la Información*, 9(2). <http://dx.doi.org/10.15517/eci.v9i2.35897>.
- Muñoz, E. (2014). Biotecnología, sociedad y economía: una visión personal. *Arbor*, 190 (768): a147. <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4001>.
- Nezhmetdinova, F. T., Guryleva, M. E., Sharypova, N, R. I. Zinurova, R. I., & Tuzikov, A. R. (2020). *Risks of modern biotechnologies and legal aspects of their implementation in agriculture*. BIO Web Conf. Volume 17, 00227. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700227>.
- OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development). Frascati Manual. (2015). *Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. Publicado por acuerdo con la OCDE, París (Francia): 2015, 400 p. <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>.
- Ostos-Ortíz, O. L., Rosas-Arango, S. M., & González-Devia, J. L. (2019). Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos. *Revista Nova*, 17(31), 129-163. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n31/1794-2470-nova-17-31-129.pdf>.
- Prasetya, B., & Deswina, P. (2009). Biotechnology research and integration with industry. *Journal of Biotechnology Research in Tropical Region*, 2(2). https://www.academia.edu/8874225/Biotechnology_research_and_integration.
- Randy, A., François-Régis, G., Salazar, J. D., & Guerra, A. (2020). Biotecnología aplicada a la producción de caña de azúcar en Panamá: Una visión general. *Revista Científica Universitaria*, 9(2). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/228/2281247008/2281247008.pdf>.
- Rikap, C. (2019). Asymmetric power of the core: Technological cooperation and technological competition in the transnational innovation networks of the big pharma. *Review of International Political Economy, Taylor & Francis Journals*, 26(5), 987-1021. <http://dx.doi.org/10.1080/09692290.2019.1620309>.
- Rikap, C. & Lundvall, B. Å. (2020). Big tech, knowledge predation and the implications for development. *Innovation and Development*, 12(3), 389-416. <http://dx.doi.org/10.1080/2157930x.2020.1855825>.
- Rodríguez, A., Aramendis, R., Deana, A., García, R., & Pittaluga, L. (2020). *El aporte de la biotecnología médica frente a la pandemia de COVID-19 y lecciones para su desarrollo mediante las estrategias nacionales de Bioeconomía. Estudios de caso de Colombia, Costa Rica y el Uruguay*. Documentos de Proyectos LC/TS.2020/165), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Silva, D. B., Silva, L. E., Crispim, B., Vaini, J. O., Grisolia, A. B., & Oliveira, K. (2012). Biotecnología aplicada a la alimentación y salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 2012. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v39n3/art14.pdf>.
- Soto-Vásquez, R., Parra-Cervantes, P., & Juárez-López, R. (2015). ¿Qué sabe Usted acerca de propiedad intelectual farmacéutica?. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 46(1). <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v46n1/1870-0195-rmcf-46-01-00077.pdf>.