

# Investigaciones sobre educación en biotecnología y profesores. Revisión documental (1987-2013)

## Researches on Biotechnology Education and Teachers. Documentary Review (1987-2013)

Robinson Roa Acosta<sup>1</sup>

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2016  
Fecha de aprobación: 6 de octubre de 2016

### Resumen

Debido a los avances de la biotecnología (principalmente, desde la segunda mitad del siglo XX), se ha ido haciendo una incursión cada vez más notoria de esta en la educación. McInerney (1990) ya declaraba desde la Unesco la necesidad de que fuera incluida en las escuelas. En tal sentido, revisar los artículos investigativos sobre educación en biotecnología, según los aspectos que se presentan a continuación, contribuye al conocimiento de la producción de artículos durante el periodo 1987-2013, y abre la posibilidad de profundizar en el conocimiento de estos contenidos.

Este escrito presenta parte de los resultados obtenidos al revisar artículos sobre educación en biotecnología en general, y, en particular, los que hacen alusión específica al profesor. La búsqueda de la bibliografía (descriptores: biotecnología, educación, escuela, didáctica, profesor), se realizó en varias bases de datos; se seleccionaron 181 artículos comprendidos entre 1987 y 2013. Se sistematizaron datos de los artículos teniendo en cuenta aspectos tales como: año de publicación, países que participan, nombre de la revista y autores.

Se analizaron la selección general (181 artículos) y las específicas de los artículos (48 artículos), con el fin de construir una base de datos con el porcentaje de publicaciones por décadas; los países y los autores que más han publicado tanto individualmente como en colaboración con autores de otros países, la distribución de los artículos en memorias y revistas, y las revistas que más han hecho publicaciones sobre educación en biotecnología.

A partir de los datos encontrados en la presente revisión, se encuentra que las publicaciones sobre educación en biotecnología empezaron durante la década de 1980 —las que enfatizan en datos sobre los profesores lo hacen en la década de 1990— en varios países y revistas que representan diversos campos de investigación; así mismo, puede verse que el ritmo de producción de estas publicaciones va en aumento. Estados Unidos, Turquía, Australia y Argentina son los países que más artículos han publicado sobre educación en biotecnología, en tanto que Turquía es el país en el cual más autores —con más de una publicación— han investigado sobre la educación en biotecnología con énfasis en el profesor; le siguen Australia, Eslovenia y España.

**Palabras clave:** educación en biotecnología, profesores, revisión documental, países, autores

1 Este artículo incluye resultados parciales de la tesis doctoral *Configuración del conocimiento profesional didáctico y pedagógico del profesor de ciencias para la enseñanza de la biotecnología*. Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Francisco José de Caldas y Universidad del Valle. Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias. Correo electrónico: robinsonroa@hotmail.com.

## Abstract

Thanks to biotechnology advances (mainly since the second half of the twentieth century), incursion of this in education has been notorious. McInerney (1990) declared from the Unesco the need to be included in schools. In this regard, to revise research articles on biotechnology education, according to the aspects presented as follows, helps to know the production of articles during the period between 1987 and 2013, and it opens the possibility to deepen the knowledge of these contents.

This paper presents some of the results obtained by reviewing articles on education in biotechnology in general, and those making specific reference to the teacher. The literature search (descriptors: biotechnology, education, school, didactics, teacher), was made in several databases; 181 items ranging from the years 1987 to 2013 were selected. Article data were systematized considering aspects such as: year of publication, countries involved, name of the journal and authors.

The overall selection (181 articles) and specific articles (48 items) were analyzed, to build a database with the percentage of publications by decades; countries and more published authors who have both individually and in collaboration with authors from other countries, distribution of articles in memoirs and journals, and journals that have published more papers on education in biotechnology.

It comes up from the data found in this review, that publications about biotechnology education began in the 1980s -those that emphasize data on teachers appeared in the late 1990- in several countries and journals representing various research fields; likewise, production rate of these publications is increasing. United States of America, Turkey, Australia and Argentina are the countries that have more published articles on biotechnology education, while Turkey is the country where most authors -with more than one publication- have investigated about biotechnology education with emphasis on teachers, followed by Australia, Slovenia and Spain.

**Keywords:** biotechnology education, teachers, documentary review, countries, authors

## Introducción

Los avances de las investigaciones que han marchado al unísono desde varias disciplinas —y muchas de las cuales han convergido en el campo de la biotecnología—, las múltiples implicaciones —bioéticas, políticas, económicas, culturales, ambientales, legales, comerciales y de educación (esta última suele, muchas veces, ser olvidada; además, cuando se la considera, poco se la problematiza—

(Gelamdin et al., 2013) y las aplicaciones a la vida —la agricultura, la medicina, las industrias alimentaria y farmacéutica, y el sostenimiento de los ecosistemas, entre otras—, al igual que las transformaciones en la percepción no solo sobre lo vivo y la vida, sino también, sobre la dinámica misma de la ciencia, han conllevado que desde la década de 1990, algunos autores, como Abrams (1993), Streehman y Karl (1997) y Strohman (1997), entre otros, reconozcan que las investigaciones sobre lo vivo estén generando una revolución científica —kuhniana— de la biología.

Aycardi (1986) y Sasson (1989) reconocen que el conocimiento biotecnológico derivado de las investigaciones ha impactado la sociedad desde mediados del siglo XX. Según afirman Rifkin (1998) y Fukuyama (2003), se esperan, a lo largo del siglo XXI, un desarrollo y un crecimiento mucho mayores no solo en la naturaleza de su investigación, sino también, de sus aplicaciones. Por su parte, Mendiola (2009) considera que “El siglo XXI comienza con innovaciones revolucionarias en el ámbito de los trasplantes genéticos a través de la ingeniería genética y de trasplantes de órganos que cambian drásticamente la estructura de la vida, así como su duración” (p. 22).

Así, los alcances de la biotecnología moderna, según Ho (2001), pusieron sobre la mesa el debate acerca de cuáles son las características de la nueva biotecnología “(...) desde los primeros días de la ingeniería genética, en la década de 1970...” (p. 25), momento en el que, paulatinamente, se empiezan a expresar las confusiones y las oposiciones, en varios países: Austria, Noruega, Suiza, Francia, Reino Unido, India, Sur de Asia, Etiopía, Brasil (Ho, 2001). Se puede decir que la biotecnología en sí está cargada de incertidumbre, lo cual genera preocupación a la sociedad, tanto como a sus promotores.

En ese sentido, a inicios de los años noventa del siglo XX, ya la Unesco estaba orientando políticas internacionales para incluir los contenidos de la biotecnología en las escuelas (McInerney, 1990), buscando que no fuera desconocida para los estudiantes ni, de paso, para la sociedad.

La educación, entonces, empieza a jugar un papel importante dentro del andamiaje de los adelantos de las investigaciones sobre las modificaciones genéticas, en tanto busca que la biotecnología no sea algo desconocido para la sociedad. Inglaterra y Estados Unidos fueron de los primeros países que abordaron la inclusión de la biotecnología en los planes de estudio de secundaria, así como capacitar a los profesores e intentar persuadir al público en general (Madden, 2005; Wymer, 1986 y 1992).

Es sabido que las ciencias humanas, sociales y naturales, por lo menos, tienen un amplio recorrido en la construcción

de conocimiento; todas ellas han sido incluidas como contenidos para la enseñanza y el aprendizaje en las escuelas, los colegios y las universidades, los cuales “(...) han revertido en la construcción de conocimiento que las sociedades han formado sobre diferentes fenómenos. Es decir, estas disciplinas han jugado un papel fundamental en la manera en que las personas piensan el conocimiento, su naturaleza y dinámica” (Roa, 2012, p. 108).

La biotecnología moderna tiene el rasgo distintivo de ser mucho más reciente que otras ciencias, pero lo que la caracteriza es, entre otras cosas, su crecimiento exponencial de producción de conocimiento, además de su amplia implicación y aplicación en el mundo, y la complejidad de la naturaleza de este.

La relevancia de hacer seguimiento a las publicaciones relacionadas con la enseñanza de la biología ha sido puesta de relieve por Valbuena, Correa y Amórtegui (2012), quienes en su estado del arte presentaron parte de la revisión a 161 artículos, y enunciaron, entre otras cosas, la potencia de este tipo de trabajo, en tanto abre posibilidades para llevar a cabo otras investigaciones más específicas en cuanto a la evolución, la ecología y la biotecnología, entre otras. Gelamdin et al. (2013) realizaron una investigación similar, en la que analizaron 19 artículos sobre educación en biotecnología preguntándose cuáles son las tendencias de investigación sobre profesores y estudiantes con referencia a la educación en biotecnología.

Extrapolando para esta investigación, identificar las características de los artículos sobre la educación en biotecnología, y, a la vez, analizar los que hacen énfasis en el profesor —en cuanto a su conocimiento, sus actitudes, sus creencias y su formación inicial, entre otras cosas—, representa un insumo importante para el campo de investigación, pues permite tener una aproximación a la siguiente pregunta: ¿Cuándo, en qué lugares, quiénes y en qué revistas se han realizado las publicaciones?

Si se entienden la educación y la biotecnología como campos de investigación, es coherente decir que se hallan expuestas a presiones y a tensiones. Eso, desde el estudio sociológico de los campos de investigación —disciplinas— realizado por Bourdieu (2003), permite entender mejor las prácticas científicas a partir del mundo social que se vive en las comunidades académicas en las cuales se produce conocimiento, y ello adquiere sentido cuando el autor enuncia que:

Todo lleva a pensar que las presiones de la economía son cada vez más abrumadoras, en especial en aquellos ámbitos donde los resultados de las investigaciones son

altamente rentables, como la medicina, la biotecnología (sobre todo en materia agrícola) y, de modo más general, la genética, por no hablar de la investigación militar. (Bourdieu, 2003, p. 8).

Si bien es cierto que el autor no menciona la investigación en educación, se puede declarar que la educación enfrenta fuertes presiones de la economía (Ruiz, 2013). Solo a manera de una breve ilustración, cabe destacar, con Bourdieu (2003), cómo “(...) una de las características que más diferencian los campos es el *grado de autonomía* y, a partir de ahí, la fuerza y la forma del *derecho de admisión* impuesto a los aspirantes a ingresar en él” (p. 87); es decir, la autonomía es una manera de restringir la entrada de nuevos agentes, de nuevos miembros. Es un filtro que disminuye la desconfiguración del campo científico. Más aún, sin negar el papel funcional de la autonomía del campo, agrega que “La autonomía no es un don natural, sino una conquista histórica que no tiene fin” (Bourdieu, 2003, p. 88).

Es casi axiomático en la actualidad que la mayoría de campos de investigación (sobre todo, los más tradicionales) tengan un fuerte peso en los Estados y sus instituciones, al igual que lo tienen estas sobre los campos. Los países también presentan presiones entre sí por esos campos, por aumentar sus capitales simbólicos.

La idea de campo tiene una función relevante en esta investigación, en tanto deja ver cómo la publicación de artículos sobre educación en biotecnología en general —y entre estos, los que enfatizan en el profesor— se encuentran dispersos en variedad de revistas; sobre todo, en las que no tienen relación directa con la educación, la pedagogía ni la didáctica. Así también, los países que tienen mayor capital simbólico como resultado de las investigaciones que han llevado a cabo de manera individual o conjunta con autores de otros países.

## Metodología

El enfoque metodológico es, fundamentalmente, cualitativo interpretativo; se trata, más que nada, de descripciones sobre artículos, sin desconocer que en algunos momentos se presentan resultados de corte cuantitativo. El tipo de investigación es documental; esta propende por hacer “(...) revisión y análisis cuidadoso de documentos escritos o grabados para encontrar información, pruebas o justificación sobre un asunto o experimento, es decir, es la revisión y análisis profundo de documentos (...)” (Moreno, 2003, p. 71). Por su parte, Uribe (2011) expresa que

(...) es en esencia el estudio metódico, sistemático y ordenado con objetivos bien definidos, de datos,

documentos escritos, fuentes de información impresas, contenidos y referencias bibliográficas, los cuales una vez recopilados, contextualizados, clasificados, categorizados y analizados, sirven de base para la comprensión del problema, la definición o redefinición de nuevos hechos o situaciones problemáticas, la elaboración de hipótesis o la orientación a nuevas fuentes de investigación en la construcción de conocimiento. (p. 196).

La búsqueda de los artículos se realizó a partir de bases de datos: Scielo, Redalyc, DOAJ y HighWire. Los descriptores clave para la búsqueda fueron: biotecnología, educación, escuela, didáctica, profesor. Estos se combinaron alternando los conectores “y/o”, los descriptores y los conectores se usaron tanto en inglés como en español; sin embargo, durante la búsqueda también se obtuvo bibliografía en portugués.

Los artículos fueron obtenidos de revistas especializadas en educación, ciencias o tecnología en general; en otros casos, por la importancia que revisten para la investigación, se obtuvieron artículos de memorias de eventos académicos publicados en revistas o disponibles en internet. Solo se incluyeron artículos catalogados como “de libre acceso”.

Luego de la consecución y de la revisión preliminar a los artículos, se inició la selección detallada de los que enfatizaran en la educación en biotecnología, y estos fueron organizados en una base de datos propia, tomando en cuenta aspectos tales como: nombre del artículo, año de publicación, autores, nombre de la revista, idiomas y países que participan en la publicación. Con base en dichos artículos, se seleccionaron los que hacían referencia directa a los profesores, para proceder a hacer el análisis según los aspectos mencionados.

Específicamente, se establecieron los porcentajes de artículos publicados por décadas, con la intención de identificar cuál fue el primer artículo para el caso de la educación en biotecnología en general, y, en particular, para los que hacen énfasis en el profesor. Se presenta la distribución de artículos publicados por país y los publicados en conjunto con otros países, así como la distribución en revistas y memorias de eventos académicos. Se analiza y se propone una agrupación para las revistas que han publicado artículos sobre educación en biotecnología, teniendo como criterio los nombres de las revistas y los campos de investigación, y otras especificidades como la enseñanza, el profesor y el territorio, explicitados en dichos nombres. Se identifican los autores que más publicaciones han realizado y desde qué país, intentando esclarecer posibles grupos de investigadores sobre la educación en biotecnología, y los que se han concentrado en investigar al profesor por país.

## Intervalo de tiempo para la selección y sistematización de datos de artículos y aproximación a la producción de artículos por décadas

Se precisó el espacio de tiempo entre 1987 y 2013, por cuanto el primero corresponde al año de la publicación más antigua a la cual se tuvo acceso, y el segundo, a las publicaciones del año más reciente establecido para la presente investigación. Sin embargo, el seguimiento realizado a la bibliografía —no solo de artículos, sino, además, a libros y a tesis sobre biotecnología y educación— da pistas sobre las dos publicaciones más antiguas sobre educación en biotecnología.

Las dos publicaciones más antiguas encontradas fueron: por una parte, la de Wymer (1990), quien referencia un informe de trabajo de la Royal Society en 1981a, titulado *Biotechnology and education*, publicado en *Journal of Biological Education* (1982). Por otra, la de Lui y Chan (1999), quienes hacen otra cita de la Royal Society, también de 1981, solo que bajo el título de *Biotechnology-an interdisciplinary curriculum for schools*, publicado en *School Science Review* (1981b). Según esto, en la Royal Society, en 1981 se elaboraron dos escritos sobre educación en biotecnología con títulos distintos y publicados en revistas diferentes en 1981 y 1982, teniendo como autor, en los dos casos, a la Royal Society.

Se concretó un total de 181 artículos —dada la extensión limitada del escrito, no es posible incluir todas las referencias—; como se observa en la figura 1, de la década de 1980 se encuentra un artículo (0,6%); en la de 1990, 14 artículos (7,7%), y en la primera década del siglo XXI, 110 artículos (60,8%) —aumenta considerablemente—, en tanto que en los primeros cuatro años de la segunda década de este siglo ya se evidencian 56 artículos publicados (30,9%).

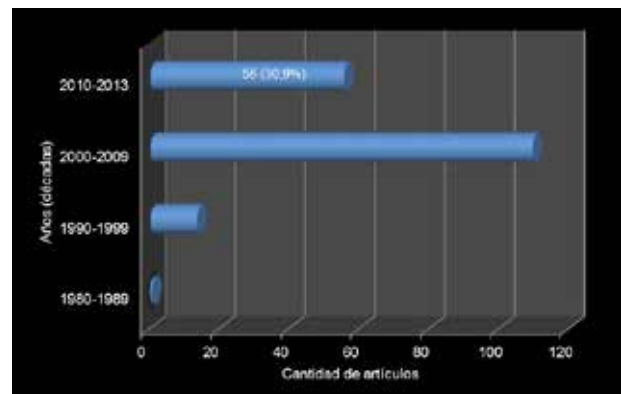


Figura 1. Cantidad y porcentaje de artículos sobre educación en biotecnología por décadas.

Según lo expuesto, es notorio el incremento de las publicaciones en torno a la educación en biotecnología, por lo cual se puede establecer que hay un fuerte interés por estas; especialmente, a partir de los años noventa del siglo XX, lo cual, por una parte, puede tener relación con: los alcances de la biotecnología en cuanto a experiencias con terapia génica, la comercialización de enzimas recombinantes, la obtención experimental de la primera vaca y la primera oveja transgénicas, haberse descifrado el primer genoma de una bacteria —*Haemophilus influenzae*—, el hecho de completar la secuenciación del primer genoma de un eucarionte —la levadura *Saccharomyces cerevisiae*— y el del primer cromosoma humano, además de las más de 1.500 empresas de biotecnología en Estados Unidos y las más de 3.000 en el mundo hacia 1998, entre otras cosas (Malajovich, 2012); por otra, aunque como consecuencia de lo anterior, con las políticas internacionales que disponían la necesidad de incluir la biotecnología en las escuelas y en capacitar al respecto a los profesores (McInerney, 1990).

## Cantidad de artículos publicados por país

En la tabla 1 se observa que 36 países han publicado individualmente. Si se toman en cuenta otros 18 países que han publicado en conjunto con otros países (Austria, Alemania, Bélgica, Botsuana, Dinamarca, Eslovaquia, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Israel, Italia, Kenia, Líbano, Luxemburgo, Nigeria, Suecia y Suráfrica), sin repetir los que ya han publicado individualmente, se obtienen, entonces, 54 países de donde provienen los 181 artículos seleccionados.

De los 181 artículos, 163 corresponden a países que han publicado individualmente (90%); los restantes 18 artículos son de países que han compartido la publicación con otros países (10%). Entre los países que tienen la mayor cantidad de artículos publicados individualmente se encuentran Argentina, Australia, Turquía y Estados Unidos, que tienen entre 13 y 41 artículos (tabla 1). Solo estos cuatro países, de 36, cubren 81 artículos de 163 publicados individualmente; esto es, aproximadamente, el 50%.

**Tabla 1.** Distribución, por países, de artículos sobre educación en biotecnología (n=181 artículos)

	<b>País*</b>	<b>Cantidad de artículos</b>
<b>Artículos de países que han publicado individualmente (n=163 artículos)</b>	Alemania	1
	Chile	1
	China	1
	Chipre	1
	Cuba	1
	Francia	1
	Lituania	1
	Polonia	1
	Puerto Rico	1
	Rumania	1
	Suiza	1
	Tailandia	1
	Taiwán	1
	Uruguay	1
	Canadá	2
	Corea del Sur	2
	Eslovenia	2
	Holanda	2
	Hong Kong	2
	Japón	2
	Noruega	2
Malasia	3	
México	3	

	País*		Cantidad de artículos
<b>Artículos de países que han publicado individualmente (n=163 artículos)</b>	Portugal		3
	Venezuela		3
	India		4
	Reino Unido		4
	España		5
	Brasil		6
	Israel		6
	Colombia		7
	Nueva Zelanda		9
	Argentina		13
	Australia		14
	Turquía		14
	Estados Unidos		41
<b>Artículos de países que han publicado conjuntamente (n=18 artículos); se agrupan según el que más predomina</b>	Estados Unidos	Argentina y Estados Unidos	1
		Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, España Luxemburgo, Holanda, Suecia, Portugal, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos	1
		Israel y Estados Unidos	1
		Eslovaquia y Estados Unidos	1
		Estados Unidos y Corea del Sur	1
		Reino Unido y Estados Unidos	1
	Turquía	Turquía, Líbano, Lituania y Eslovaquia	1
		Turquía y Eslovaquia	3
		Turquía y Reino Unido	1
	Reino Unido	Reino Unido y Francia	1
		Suiza y Reino Unido	1
		Taiwán y Reino Unido	1
	Argentina	Argentina y Canadá	1
		España y Argentina	1
		Kenia y Suráfrica	1
Nigeria y Botsuana		1	

\*Corresponde al país explicitado por los autores en el artículo; es decir, ese es el país de origen de la publicación.

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los países que han publicado artículos conjuntamente, se evidencia el predominio de países como Estados Unidos, Turquía, Reino Unido y Argentina; tres de ellos coinciden con algunos de los que han hecho publicaciones individuales: Estados Unidos, Turquía y Argentina. Se puede reconocer que el primer país tiene, entonces, 47 publicaciones entre las individuales (41) y las conjuntas (6), con Corea del Sur, Reino Unido, Israel, Argentina, Eslovaquia y la Unión Europea; Turquía tiene 19 publicaciones: 14 individuales y 5 en conjunto con Lituania, Líbano, Reino Unido y Eslovaquia. Argentina cuenta con 15 publicaciones, 13 de las cuales son individuales (siete corresponden a tres memorias de even-

tos académicos realizados habitualmente en este país), y dos, en conjunto con otros países: Canadá y España.

El Reino Unido cuenta con cuatro publicaciones individuales; no obstante, está dentro de los países que predominan con las publicaciones conjuntas, al lado de Suiza, Taiwán y Francia; de todas maneras, es claro que, además, comparte publicaciones con dos de los países predominantes resaltados unos renglones atrás: Estados Unidos y Turquía.

Prosiguiendo con los artículos compartidos por los países, se observa en la parte final de la tabla 1 que dos publicaciones, provenientes, por una parte, de Kenia y Suráfrica,

y, por otra, de Nigeria y Botsuana, no son agrupadas por otros países ni tampoco agrupan a otros; ninguno de estos países figura con publicaciones individuales. Otros países que no aparecen con publicaciones individuales son: Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Suecia, Líbano y Eslovaquia; sin embargo, se encuentran haciendo parte de una publicación compartida con varios países de la Unión Europea.

Llama la atención que Eslovaquia no figure en la tabla 1 con publicaciones individuales; no obstante, tiene cuatro publicaciones compartidas: tres en dúo con Turquía, y una, en conjunto con Líbano, Lituania y Turquía. Se observa que con Estados Unidos —el país que agrupa— Eslovaquia tiene una publicación compartida. En concreto, Eslovaquia tiende a publicar de forma conjunta con otros países.

Se ha resaltado aquí solo a Eslovaquia, por la conexión y la cantidad de veces que se expresa, en particular, para publicar de manera conjunta con otros países, pero, igual, es evidente cómo hay países que tienen publicaciones compartidas y no individuales —es el caso de los países africanos: Kenia y Suráfrica, así como Nigeria y Botsuana— o que tienen publicaciones individuales, pero no de manera conjunta con otros países; por ejemplo: Australia, Nueva Zelanda, Colombia, Israel y Brasil —que tienen entre 6 y 14 publicaciones individuales—, entre otros con menos cantidad de publicaciones. La otra opción consiste en los países que tienen publicaciones tanto individuales como compartidas; los ejemplos más evidentes son Estados Unidos, Turquía, Reino Unido y Argentina; otros países son Corea del Sur, Canadá, España, Holanda y Portugal.

En términos generales, se puede decir que de los 181 artículos, por lo menos el 50% corresponden a Estados Unidos, Turquía, Australia y Argentina; el restante 50% está distribuido entre 50 países que han publicado entre uno y nueve artículos, y son mayoritarios los países que han publicado entre uno y dos artículos. Ante ello, queda la pregunta: ¿Qué ha hecho que algunos países tengan mayor o menor interés por investigar sobre la educación en biotecnología?

La cantidad de artículos publicados que corresponden a los idiomas portugués, inglés y español, fue de tres (1,7%), 145 (80,1 %) y 33 (18,2 %), respectivamente; con ellos, es evidente que el idioma predominante es el inglés. El portugués es el idioma en el cual menos se encuentran publicaciones para esta investigación. No obstante, la investigación no contempló otros idiomas —francés, alemán y chino, por ejemplo— como criterios para seleccionar los artículos, en general, se puede decir que los 181 artículos seleccionados abarcan una muestra importante de países (54). No es casual que las investigaciones refe-

rentes a la educación en biotecnología hayan empezado desde la década de los ochenta del siglo XX, ni que se hayan incrementado a lo largo de las siguientes décadas. Las razones guardan relación, entre otras cosas, con el cultivo y el lanzamiento al mercado de productos o derivados de organismos modificados genéticamente, las patentes otorgadas, la necesidad de disponer de recurso humano para la investigación y lo que representa todo ello dentro del marco de las economías de los países.

Se puede inferir, atendiendo a las características de la biotecnología y a lo que esta puede representar para diferentes sectores políticos, sociales, económicos, defensores ambientales, que las investigaciones en torno a la educación y la biotecnología se tornan necesarias para comprender cómo estas pueden ser pensadas o están siendo pensadas. Eso puede ser entendido tomando en consideración lo que la biotecnología podría significar —o significa ya— en algunos países, en tanto la relación directa de esta con la vida y lo vivo, pero, más que nada, con lo económico, como impulsora de un cambio de paradigma.

## Distribución y cantidad de artículos en revistas y memorias, y propuesta de agrupación de las revistas según las relaciones entre campos

En la tabla 2 se explicita que las 181 publicaciones están cubiertas por 102 revistas (163 artículos) y 14 memorias de eventos (18 artículos), de la cuales 78 revistas y 12 memorias han publicado, cada una, un artículo, 78 y 12, respectivamente, que corresponden, a su vez, a un total de 90 artículos. Los restantes 91 artículos están distribuidos en 24 revistas (85 artículos) y las memorias de dos eventos (seis artículos) (tabla 2).

**Tabla 2.** Distribución de los artículos sobre educación en biotecnología en revistas y memorias de eventos

		Revistas	Memorias	Total
<b>Cantidad de revistas y memorias (fuentes bibliográficas)</b>		102	14	116
<b>Cantidad de artículos</b>		163	18	181
<b>Artículos publicados</b>	<b>Uno</b>	78 (78 artículos)	12 (12 artículos)	90
	<b>Más de uno</b>	24 (85 artículos)	2 (6 artículos)	91

Así pues, en la tabla 2 se observa que los artículos sobre educación en biotecnología tienen una amplia distribución en revistas. Se evidencia cómo de 14 eventos, 12 publicaron cada uno un artículo, en tanto que dos eventos publicaron seis artículos. Por el momento, se puede declarar, según los resultados hasta ahora alcanzados en esta investigación, que no existe una clara especificidad en cuanto a las revistas que publican sobre educación en biotecnología. Lo que sigue puede aportar para com-

prender el comportamiento del campo de producción de capital simbólico.

Al clasificar las revistas que han publicado artículos sobre educación en biotecnología —sin tener en cuenta las memorias—, atendiendo e infiriendo únicamente a partir de lo que indican sus nombres y sin profundizar en la naturaleza del conocimiento que busca publicar cada una de las revistas, se pueden agrupar como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Agrupación de revistas por campos de investigación

Agrupación de revistas por campos de investigación		Ejemplo revistas
<b>1. Educación</b>	a) General	<i>Creative Education; Cukurova University Faculty of Education Journal; Educational Sciences: Theory &amp; Practice; Education Research International; Revista Educación y Educadores; Educare, y School Science Review.</i>
	b) Campo específico	<i>Biochemical Education; Journal of Technology Education; Journal of Agricultural Education; Journal of Biological Education; Cell Biology Education, y CBE-Life Sciences Education, Science Education; Science Education International, entre otras.</i>
	c) Enseñanza	<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias; Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias; Teaching Science; Teaching Education, entre otras.</i>
	d) Profesor	<i>Asia-Pacific Journal of Teacher Education and Development; Journal of Industrial Teacher Education; Revista Educación y Educadores; The American Biology Teacher; y The Journal of Education Hong Kong Teachers' Association, entre otras.</i>
<b>2. “Diferentes de la educación”</b>		<i>International Journal of Technology; International Journal of Computer Theory; Briefings in Bioinformatics; Genome Research; Journal of Biotech Research; Journal of Commercial Biotechnology; Nature Biotechnology; New Biotechnology; Plant Biotechnology; Plant Cell, Tissue and Organ Culture; Science and Engineering Ethics, y Social Responsibility Journal, entre otras.</i>
<b>3. Coexistencia de campos</b>	e) Entre la educación y los campos diferentes de la educación	<i>Biotechnology Research and Education; Journal of Microbiology &amp; Biology Education; Journal of Science Education and Technology; Biochemistry and Molecular Biology Education; Journal of International Agricultural and Extension Education; Ciência &amp; Educação (Baururu); International Journal of Environmental &amp; Science Education, entre otras.</i>
	f) Entre campos distintos de la educación	<i>Journal of Industrial Microbiology &amp; Biotechnology; International Journal of Science and Mathematics; Biotechnology, Agronomy, Society; World Journal of Microbiology and Biotechnology; Procedia Social and Behavioral Sciences, entre otras.</i>

En cuanto a los nombres que reciben las revistas, cabía esperar que el nombre se ajustase a las características del conocimiento que la revista en sí recauda, y que, se entiende, busca que circule entre miembros del campo de conocimiento. Sin embargo, esto no es así, pues lo que se puede entender de lo contenido en la tabla 3 es que los artículos producto de las investigaciones sobre la educación en biotecnología tienen acceso a pluralidad de campos de producción de conocimiento, con lo cual se percibe cómo las tensiones y las presiones —por lo menos, en el campo y entre los campos— no parecen fraguarse, por cuanto las posibilidades de revistas para publicar son amplias. Por consiguiente, el derecho de admisión de los autores de los artículos se halla instalado en cualquier campo.

ciertas lógicas que, en principio, y a juzgar por los nombres que reciben las revistas, tienen que ver con la coexistencia de campos de conocimiento que se configuran según las tradiciones académicas y las cercanías entre los campos. Al parecer, la educación en sí tiene que ver con todos los campos —microbiología, biología celular, biología molecular, matemática, bioquímica, biotecnología, agricultura, bioinformática, entre otros (tabla 3, campo 2)—. Si bien es cierto que también se encuentran revistas especializadas en la educación (campo 1), no es muy claro por qué otras revistas que no explicitan en sus nombres aspectos del campo de la educación —por ejemplo: enseñanza, aprendizaje, profesor, etc.— o su coexistencia con esta publican artículos atinentes a este.

Lo anterior sería una mirada que deja ver las posibilidades que se ciernen para buscar establecer el conocimiento bajo

En tal sentido, la educación en biotecnología se encuentra en el contexto de la pluralidad de campos de diferente



naturaleza de conocimiento. Así pues, campos de investigación distintos de la educación, pese a tener objetos específicos de investigación, se inclinan por investigarla, e, incluso, por hacer en sus revistas publicaciones sobre este campo de conocimiento.

Ahora bien, en la tabla 3 se hace explícito que hay casos de algunos nombres de revistas —*Revista Umbral*; *Revista de Investigación*; *Nordina*; *Paradigma*; *Scientific Research and Essays*, y *VEsC*— que son poco dicentes respecto a quiénes va dirigida y cuáles son sus intenciones de producción de conocimiento; por lo menos, en un primer acercamiento al nombre que reciben. Desde luego, el nombre no tiene por qué ser condición *sine qua non* para conocer en un primer plano el tipo de revista ni el tipo de conocimiento que publica.

Por consiguiente, se puede declarar que la educación general es de interés —también general— de varios campos; sin embargo, la educación, la pedagogía y la didáctica, como campos de producción de conocimiento, no son las más recurrentes: de hecho, se pueden encontrar revistas (tabla 3) que abordan la educación en ciencias en general (agrupación a), en tanto que las revistas que buscan publicar conocimiento específico sobre la educación en bioquímica, tecnología, entre otras (agrupación b) se vuelven una asociación de construcciones de conocimiento que pueden estar más cerca de sus maneras de pensar la realidad de la producción de conocimiento, en el sentido de constituir objetos más ceñidos a la naturaleza del conocimiento de educación que se aborda.

Se evidencia en la tabla 3 cómo se tornan mucho más específicas las revistas que abordan la enseñanza (agrupación c) o al profesor (agrupación d), lo que corresponde al campo 1 de investigación sobre educación. Se observa en la tabla 3 cómo en la agrupación del campo de investigación denominado “diferentes de la educación” (2) también se evidencia lo específico de sus cono-

cimientos, pues abordan *per se* la tecnología, el genoma, la bioética, la ingeniería y la biotecnología —en cuanto al comercio, las plantas, las células, los tejidos y los órganos—, entre otras especificidades.

En cuanto a las revistas agrupadas porque su nominación incluye una especie de coexistencia con otros campos consistentes con la educación o con otros (agrupación e), o las que en su nominación incluyen dos campos distintos de la educación (microbiología y biotecnología; matemáticas y ciencia) (agrupación f), se refleja una intención explícita en el nombre de las revistas al hacer coexistir la educación y un campo distinto de ella, por lo que reciben publicaciones devenidas de la educación en biotecnología. No ocurre lo mismo con las revistas que explicitan la coexistencia entre campos distintos de la educación y aun así recaudan artículos de educación en biotecnología.

Es mucho más cercana la educación específica, en la cual el nombre de la revista no se considera de manera *disyuntiva* o *conjuntiva*, sino que el sustantivo y el adjetivo se instituyen como un todo (educación en...): verbi-gracia, la agrupación b. Desde luego, la agrupación de revistas mucho más específica del campo de investigación 1 —educación—, como ya se señaló, corresponde a los nombres de la revista que contiene palabras como enseñanza o profesor.

Prosiguiendo con los análisis, en la tabla 4 se hace una aproximación a la cantidad de artículos publicados por revista y memorias; se muestran solamente las que tienen dos o más publicaciones sobre educación en biotecnología. En tal sentido, en la tabla 2 se observan 24 revistas (85 artículos) y unas memorias de un evento académico que recogen seis artículos. Si se compara esto con las 102 revistas y las 14 memorias (tabla 2), se hace evidente que la mayoría de revistas (78) y de memorias (12) han publicado un solo artículo, lo cual indica y ratifica todavía más la dispersión de los artículos.

**Tabla 4.** Nombres de revistas o de memorias de eventos que han publicado más de un artículo sobre educación en biotecnología durante el período 1987-2013

Nombre de la revista	Cantidad de artículos
<i>African Journal of Biotechnology</i>	2
<i>BEE-j</i>	2
<i>Biochemistry and Molecular Biology Education</i>	2
<i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	2
<i>Journal of Industrial Teacher Education</i>	2
<i>Journal of Science Education and Technology</i>	2
<i>Revista Colombiana de Biotecnología</i>	2

Nombre de la revista	Cantidad de artículos
<i>Revista Educación y Educadores</i>	2
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	2
<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2
<i>The Science Education Review</i>	2
VEsC	2
<i>Memorias IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*</i>	2
<i>Biochemical Education</i>	3
<i>International Journal of Environmental &amp; Science Education</i>	3
<i>Journal of Technology Education</i>	3
<i>Scientific Research and Essays</i>	3
<i>Journal of Agricultural Education</i>	4
<i>Journal of Microbiology &amp; Biology Education</i>	4
<i>Memorias X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*</i>	4
<i>Procedia Social and Behavioral Sciences</i>	4
<i>Research in Science Education</i>	4
<i>The American Biology Teacher</i>	4
<i>Journal of Biological Education</i>	6
<i>International Journal of Science Education</i>	11
<i>Electronic Journal of Biotechnology</i>	12

**\* Artículos publicados en memorias**

**Fuente:** elaboración propia

Ciertamente, es notable cómo las dos revistas que más publicaciones tienen respecto a la educación en biotecnología corresponden, cada una, a un campo específico: por una parte, al de educación en ciencias —*International Journal of Science Education*— (11 artículos), y, por otra, al de biotecnología —*Electronic Journal of Biotechnology*— (12 artículos). Así, también son notorios los cuatro artículos publicados en un solo evento (*X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*), desarrollado en Argentina. También se han incluido dentro de los artículos para analizar algunos escritos de las ponencias o las conferencias de varios eventos, pues sus contenidos resultaban relevantes, al tiempo que sus autores tienen varias publicaciones sobre la educación en biotecnología.

La concentración de las publicaciones en pocas revistas puede favorecer la convergencia de conocimiento que puede constituirse en un campo especializado en la investigación de la educación en biotecnología. Se puede considerar que el campo más próximo y adecuado para publicar estas investigaciones es en la educación en biología, la bioquímica o la biología molecular, pero los campos de la biología, la bioquímica o la biotecnología, *per se*, no son afines a los de las ciencias de la educación, las didácticas ni las pedagogías, en virtud de establecer la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y los contenidos y

la evaluación como objetos de estudio, y a los profesores y los estudiantes, como sujetos de estudio con diferentes perspectivas teóricas.

No se trata, necesariamente, de que la producción de conocimiento se halle concentrada en una sola revista rotulada como de investigación en la enseñanza, de educación o de didáctica de la biotecnología, pero sí, de conservar un vínculo más cercano a las características del conocimiento que se está investigando. De hecho, hace poco más de dos décadas la especificidad —por lo menos, en el nombre— de una revista respecto a la *educación en biotecnología* ya se había dado, aunque, eso sí, justificada su emergencia más por el avance de las investigaciones en el campo de la biotecnología que por las de la educación en ella.

Precisamente, comentan Wymer y Micklos (1990) —el primero de ellos, autor miembro del *National Centre for School Biotechnology* (en el Reino Unido), y el segundo, autor del *DNA Learning Centre, Cold Spring Harbor Laboratory* (en Estados Unidos)—, en dos párrafos cortos, y bajo el título de *New Educational Journal Biotechnology Education*, que ya se había fundado dicha revista; a saber:

El primer volumen de *Educación en Biotecnología* apareció en octubre de 1989. En el primer editorial, el

editor comenta que existe una clara necesidad de los estudiantes y el público para estar más informados acerca de los desarrollos biotecnológicos tanto para que haya consenso sobre la dirección de la actualidad y el trabajo futuro como para proporcionar el personal para llevarlo a cabo. La educación en biotecnología tiene como objetivo facilitar este proceso. (p. 57).

Wymer y Micklos (1990) también hablan de cómo Watson y Crick, en el primer volumen, señalaron que había crecido la comunidad de científicos que investigaban el ADN. Al momento de la publicación de Wymer y Micklos, se había contemplado una revista especializada en educación en biotecnología; precisamente, cuando se estaban iniciando las publicaciones al respecto. Sin embargo, en el seguimiento hecho a la revista en cuestión no se evidencian volúmenes o números publicados sobre el tema tras el anuncio de los autores.

En todo caso, dentro del conjunto de los artículos sobre educación en biotecnología seleccionados para esta investigación se observa que las fronteras de este conocimiento publicado tienden a no tener un campo, o alguna revista especializada. Quizá, la educación, más que la biotecnología, es tan amplia que sus posibilidades para publicar propuestas, reflexiones o investigaciones resultan viables para varias revistas y campos de conocimiento. Es necesario aclarar, sin embargo, que del campo de investigación de la biotecnología han emergido revistas especializadas, como: *Electronic Journal of Biotechnology*; *African Journal of Biotechnology*; *Revista Colombiana de Biotecnología*; *Journal of Biotech Research*; *Journal of Commercial Biotechnology*, y *Nature Biotechnology*, entre otras.

Una de las publicaciones en las que se ha logrado materializar la unión entre la biotecnología y la educación es *Biotechnology Research and Education*. Caso similar al que sucede con publicaciones como: *Biochemistry and Molecular Biology Education* y *Journal of Microbiology & Biology Education*, entre otras (agrupación d, tabla 3).

## **Autores por país con más de un artículo publicado sobre educación en biotecnología**

En la tabla 5 se observan los autores que tienen dos o más publicaciones realizadas sobre educación en biotecnología y el respectivo país. Es evidente que en algunas ocasiones los autores tienen publicaciones compartidas con autores de otros países. Líneas atrás, ya se habían resaltado 18 artículos que fueron publicados de manera conjunta con otros países (tabla 1). El caso que se va a

desarrollar ahora tiene como base a los autores principales, para establecer el número de artículos y el país de donde proceden las publicaciones.

Los autores que más publicaciones tienen son Ocelli (seis) y Kidman (cinco), de Argentina y Australia, respectivamente. Ocelli tiene un artículo como única autora; los restantes cinco son coautorías con Valeiras, N. (2009 y 2010), con García, L. y Masullo, M. (2012), con Vilar, M. y Valeiras, N. (2011), y con Vázquez-Abad, J. (2010) (tabla 5). Esta autora lidera las publicaciones en el campo referido en el presente estudio en Argentina. En cuanto a Kidman, se observa que tiene cuatro artículos con única autoría y un artículo con Hoban, G. en 2009; luego tiene cinco publicaciones de ocho que le aparecen para Australia. Las tres restantes son de Dawson, quien tiene un solo artículo como único autor, y dos, en coautorías con Schibeci, R. (2003) y Venville, G. (2009) (tabla 5).

Continuando en la tabla 5, se observa que en Estados Unidos Wells tiene tres artículos publicados, en tanto que Zeller, Montgomery y Dunham cuentan cada uno con dos publicaciones. Wells también aparece como coautor en los artículos de Dunham, mientras que Montgomery y Zeller aparecen cada uno con sus publicaciones de forma individual. Como se mencionó en la tabla 1, este país tiene, en total, 47 artículos—41 individuales más seis compartidas con otros países—; si se comparan con los nueve artículos de la tabla 5, la cual presenta a los autores con más de un artículo, se encuentra, en general, que la mayoría de las investigaciones para este país se han realizado de manera individual.

En Nueva Zelanda se evidencia (tabla 5) que France tiene tres artículos: dos como única autora y uno en coautoría con Bay, J. (2010). Para el caso de Turquía, se observa que Darçin tiene tres artículos—dos, en coautorías con Türkmen, L. (2006) y Güven, T. (2008)—; Sürmeli, H. y Şahin, F. (2010 y 2012) tienen dos en coautoría, en tanto que Erdoğan tiene dos publicaciones en coautoría y de manera conjunta con otros países—Líbano, Lituania y Eslovaquia—; así mismo, puede verse que ni Erdoğan, ni Darçin ni Sürmeli están compartiendo publicaciones (tabla 5).

Cabe recordar que Turquía, junto con Estados Unidos, Australia y Argentina, es uno de los países que más publicaciones tienen, y que, además, sigue a Estados Unidos en la tendencia a realizar publicaciones en conjunto con otros países; especialmente, con Eslovaquia. Otros países—Brasil (Pedrancini), Eslovenia (Šorgo), España (Cabo), India (Narasimharao), Israel (Yarden) y Reino Unido (Wymer)—tienen a autores que han publicado cada uno dos artículos (tabla 5).

En lo descrito hasta este momento, sale a flote la dinámica que han tenido las publicaciones sobre educación en biotecnología en cuanto a las décadas durante las cuales se iniciaron; además, aumentó la producción de artículos al respecto, así como el número de los países predominantes por la cantidad de artículos publicados en conjunto con otros países o individualmente, las revistas que más artículos han recaudado, lo contrastantes

que son los campos explicitados por los nombres de las revistas que reciben las publicaciones y los autores de un mismo país que más han publicado, así como los que lo han hecho en conjunto con otros países. También se avizoran los autores que han realizado publicaciones de forma individual o con autorías de investigadores de su mismo país, o bien, con investigadores de otros países.

**Tabla 5.** Agrupación de autores con dos o más artículos por país sobre educación en biotecnología<sup>2</sup>

Autor (es)	Cantidad de artículos	País
Occelli, M. (2012)	6	Argentina
Occelli, M. y Valeiras, N. (2010)		
Occelli, M.; García, L. y Masullo, M. (2012)		
Occelli, M.; Valeiras, N. (2009)		
Occelli, M.; Vilar, M. y Valeiras, N. (2011)		
Occelli, M. y Vázquez-Abad, J. (2010)		Argentina y Canadá
Dawson, V. (2007)	3	Australia
Dawson, V. y Schibeci, R. (2003)		
Dawson, V. y Venville, G. (2009)		
Kidman, G. (2007, 2008, 2009, 2010) (4)*	5	
Kidman, G. y Hoban, G. (2009)		
Pedrancini, V.; Corazza-Nunes, M.; Bellanda, M.; Rosas, A. y Ribeiro, A. (2007)	2	Brasil
Pedrancini, V.; Corazza-Nunes, M.; Bellanda, M.; Rosas, A. y De Carvalho, W. (2008)		
Šorgo, A. y Ambrožič-Dolinšek, J. (2009)	2	Eslovenia
Šorgo, A.; Jaušovec, N.; Jaušovec, K. y Puhek, M. (2012)		
Cabo, J.; Enrique, C. y Cortiñas, J. (2005)	2	España
Cabo, J.; Enrique, C.; García-Peña, H. y Cortiñas, J. (2006)		
Dunham, T.; Wells, J. y White, K. (2002a)	2	Estados Unidos
Dunham, T.; Wells, J. y White, K. (2002b)		
Montgomery, B. (2003, 2004) (2)*	2	
Zeller, M. (1994, 2002) (2)*	2	
Wells, J. (1994, 1999) (2)*	3	
Wells, J. y Kwon, H. (2008)		
Narasimharao, B. (2009, 2010) (2)*	2	India
Yarden, H. y Yarden, A. (2006, 2010)	2	Israel
France, B. y Bay, J. (2010)	3	Nueva Zelanda
France, B. (2007, 2000) (2)*		
Wymer, P. (1992)	2	Reino Unido
Wymer, P. y Micklos, D. (1990)		Reino Unido y Estados Unidos
Sürmeli, H. y Şahin, F. (2010, 2012)	3	Turquía
Darçin, E. y Türkmen, L. (2006)		
Darçin, E. y Güven, T. (2008)		
Darçin, E. (2011)	2	Turquía, Líbano, Lituania y Eslovaquia
Erdoğan, M.; Özel, M.; BouJaoude, S.; Lamanauskas, V.; Uşak, M. y Prokop, P. (2012)		
Erdoğan, M.; Özel, M.; Uşak, M. y Prokop, P. (2009)	2	Turquía y Eslovaquia

\* Indica el número de publicaciones con un solo autor

**Fuente:** elaboración propia

2 Se estableció para la investigación tener en cuenta a los autores que hayan publicado dos o más artículos, pues se puede considerar que estos autores tienen intereses no circunstanciales en las publicaciones; es decir, han tenido continuidad en la investigación sobre la educación en biotecnología.

## Cantidad y comparación, por décadas, de artículos sobre educación en biotecnología y de los que enfatizan en el profesor

Con la idea de proseguir con la descripción en un nivel pormenorizado y que aproxime al estado de las investigaciones sobre educación en biotecnología que han tenido como sujeto de estudio al profesor, de los 181

artículos anteriores, se seleccionaron 48 que respondían al criterio señalado. Como se observa en la figura 2, desde mediados de la década de 1990 (1995, aproximadamente) se encuentran apenas dos artículos que tienen como referente de estudio a los profesores; es muy notorio el aumento con el paso a la siguiente década 2000-2009, con 30 artículos, y en lo recorrido de 2010 a 2013, cuando se registran 16 artículos. Con estos últimos cuatro años se observa que ya se han publicado por lo menos la mitad de artículos de la década anterior.

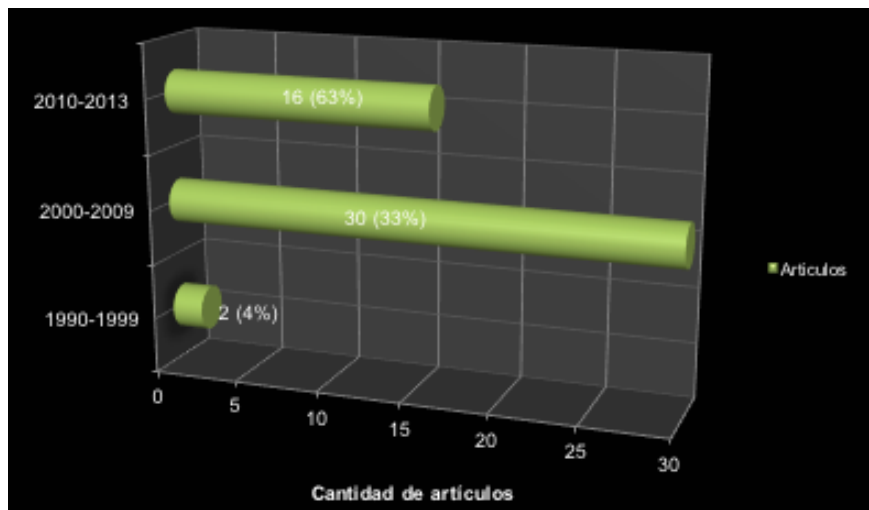


Figura 2. Cantidad y porcentaje de publicaciones sobre educación en biotecnología con énfasis en el profesor, por décadas.

Los 48 artículos corresponden al 27% de los 181 artículos seleccionados en un primer momento; el 73% restante son 133 publicaciones que no tienen como sujeto de estudio a los profesores. En la tabla 6 se visualiza que el compor-

tamiento porcentual por años —décadas— de los 181 artículos es semejante al de los 48 artículos; esto es más cierto para la primera década del siglo XXI (61% y 63%) y la fracción de cuatro años de la década de 2010 (31% y 33%).

Tabla 6. Comparación por décadas, cantidad y porcentaje entre artículos que enfatizan en el profesor (n=48) y los que no lo hacen (n=181)

Años (período)	Artículos sobre educación en biotecnología (n= 181)	Artículos sobre educación en biotecnología con énfasis en los profesores (n=48)
1990-1999	15 (8 %)	2 (4 %)
2000-2009	110 (61 %)	30 (63 %)
2010-2013	56 (31 %)	16 (33 %)

Fuente: elaboración propia

En esta investigación, la primera publicación que se referencia sobre el profesor, a propósito de la educación en biotecnología, pertenece a Zeller, M. (1994): *Biotechnology in the High School Biology Curriculum: The Future Is Here! American Biology Teacher*, 56 (8), 460-464. No se puede asegurar, sin embargo, que este sea el primer artículo publicado.

## Cantidad de artículos publicados por país

En la tabla 7 se explicita que 17 países han realizado de manera individual publicaciones sobre educación en biotecnología, en tanto que si se tienen en cuenta los países que han publicado con otros países (tabla 7), emergen

otros nombres, como los de Eslovaquia, Líbano y Canadá, para un total de 20 países.

Se observa en la tabla 7 que 14 países han publicado individualmente entre uno y tres artículos, lo cual concentra el 51,2%; o sea, 22 de las 43 publicaciones individuales. Los otros 21 artículos (es decir, el 48,8%) se distribuyen entre Australia, Turquía y Estados Unidos, que han publi-

cado 5, 7 y 9 artículos, respectivamente, lo cual ubica a esos tres países en un nivel de producción muy cercano al de los 14 restantes.

Estados Unidos, Turquía y Australia, en ese orden, son los que más publicaciones han tenido, tanto en los análisis de artículos sobre biotecnología en educación en general como en los que hacen énfasis en el profesor.

**Tabla 7.** Distribución, por países, de artículos sobre educación en biotecnología con énfasis en los profesores ( $n=48$  artículos)

		Cantidad de artículos	
<b>Artículos de países que han publicado individualmente (<math>n=43</math>)</b>	Brasil	1	
	Corea del Sur	1	
	Hong Kong	1	
	Lituania	1	
	Nueva Zelanda	1	
	Portugal	1	
	Venezuela	1	
	Argentina	2	
	Colombia	2	
	Eslovenia	2	
	Israel	2	
	Malasia	2	
	México	2	
	España	3	
	Australia	5	
	Turquía	7	
Estados Unidos	9		
<b>Países que han publicado conjuntamente (<math>n=5</math>), se agrupan según el que más predomina</b>	Eslovaquia	Turquía, Líbano, Lituania	1
		Estados Unidos	1
		Turquía	2
		Argentina y Canadá	1

**Fuente:** elaboración propia

Retomando los cinco artículos que corresponden a publicaciones realizadas por dos o más países, en la tabla 7 se observan dos agrupaciones: la primera, constituida por cuatro artículos en los que Eslovaquia predomina, al compartir las publicaciones con otros países (dos con Turquía, una con Lituania, Líbano y Turquía, y otra que comparte con Estados Unidos). La segunda agrupación corresponde a una publicación de Argentina y Canadá.

Si bien Turquía no agrupó a otras publicaciones aquí, como sí ocurrió en análisis anteriores, es el país que mayor conexión tiene con Eslovaquia. De ahí se hace explícito que este último país y Turquía tienen interés por investigar aspectos relativos al profesor; de hecho, Turquía

aparece en la tabla 7 con siete artículos publicados individualmente sobre profesores, y que sumados a los tres compartidos, son diez artículos sobre el profesor, lo cual representa un número igual a los de Estados Unidos, país que ha publicado nueve individualmente y uno compartido con Eslovaquia.

En la tabla 7 se observa que son cinco los artículos publicados conjuntamente por los países, los cuales contrastan con los 18 artículos sobre educación en biotecnología en general (tabla 1).

Si bien se encontró en análisis anteriores, que los 181 artículos fueron cubiertos por 54 países, en el caso de

los escritos que se refieren específicamente a aspectos relacionados con el profesor, este número de países llegó a 20. De acuerdo con los datos obtenidos, se muestra una reducción considerable en el número de publicaciones referidas al tema. Sin que sea una obligatoriedad tener que adelantar investigaciones sobre los profesores, se puede inferir que este tipo de desarrollo de investigaciones, por el momento, no es del interés de todos los países. A juzgar por la cantidad de publicaciones sobre educación en biotecnología en algunos países (incluso, en aquellos donde, comparativamente, se observa mayor cantidad de artículos), se puede decir que todavía este campo de investigación está por desarrollarse.

### Distribución y nombre de revistas y memorias sobre educación en biotecnología que enfatizan en el profesor, y agrupación por campos de investigación

Prosiguiendo, en la tabla 8 se encuentra que los 48 artículos están cubiertos por 30 revistas (40 artículos) y siete memorias de eventos (ocho artículos), de las cuales 21 revistas (21 artículos) y seis memorias de eventos (seis artículos), que corresponden, en total, a 27 artículos, han publicado un solo artículo; las restantes nueve revistas (19 artículos) y una memoria de un evento (dos artículos) han publicado dos o más artículos.

**Tabla 8.** Distribución de los artículos sobre educación en biotecnología con énfasis en el profesor en revistas y memorias de eventos

		Revistas	Memorias	Total
<b>Cantidad de revistas y memorias</b>		30	7	37
<b>Cantidad de artículos</b>		40	8	48
<b>Artículos publicados</b>	Uno	21 (21 artículos)	6 (6 artículos)	27
	Más de uno	9 (19 artículos)	1 (2 artículos)	21

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, si se seleccionan los nombres de las revistas que incluyen palabras como profesor o enseñanza, de los 181 artículos sobre educación en biotecnología antes analizados se encuentran los siguientes nueve: *The Journal of Education Hong Kong Teachers' Association*; *Asia-Pacific Journal of Teacher Education and Development*; *Journal of Industrial Teacher Education*; *Revista Educación y Edu-*

*adores*; *Teachers. Journal of Turkish Science Education*; *Teaching and Teacher Education*; *Teaching Education*; *The American Biology Teacher*, y *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.

Si se comparan los nombres de las revistas anteriores con las 30 revistas encontradas para los 48 artículos sobre profesores, se establece que ocho coinciden (en la tabla 9 se señaló eso mismo con negrilla); la revista que falta es *The Journal of Education Hong Kong Teachers' Association*. Eso indica que varios de los artículos sobre educación en biotecnología que tienen como sujetos de estudio a los profesores han sido direccionados para ser publicados en revistas afines a dichas investigaciones. En sí, los artículos que se han publicado en estas ocho revistas corresponden a nueve. Los otros 31 artículos —de 40 (tabla 8)— han sido publicados en otras revistas que no tienen la especificidad en la enseñanza o en el profesor.

En la tabla 3 se plantearon siete posibles maneras de agrupar por campos de investigación 102 revistas, que hicieron 163 publicaciones, con la intención de dar una idea sobre cómo los artículos están distribuidos en varias perspectivas de campos de investigación, tarea que resulta muy compleja, pero permite aproximarse al comportamiento que surte el capital simbólico descrito en esta investigación en cuanto a la producción de conocimiento y las perspectivas que se van reflejando.

Si se sitúan las 30 revistas que han publicado sobre los profesores en las agrupaciones de la tabla 3, se hace evidente que por lo menos las ocho revistas que resultaron del ejercicio anterior podrían estar entre las agrupaciones c y d: enseñanza y profesor, respectivamente. Es importante aclarar que se han anunciado dos posibles agrupaciones, pues si bien es cierto que en algunos casos es sencilla la ubicación de la revista —por ejemplo: *The American Biology Teacher*, y *Teachers. Journal of Turkish Science Education*, en la agrupación d; o *Teaching Education*, en la agrupación c—, por lo menos una de las ocho revistas —*Teaching and Teacher Education*— resulta más difícil de agrupar, ya que contiene en el nombre de la revista tanto a la enseñanza como al profesor.

Como se puede evidenciar en la tabla 9, únicamente la revista *The American Biology Teacher* ha publicado dos artículos; las otras siete han publicado un artículo.

En la tabla 9 se presentan las posibles agrupaciones a 30 revistas, y se destaca la cantidad de artículos publicados para cada una. Las siete memorias de eventos académicos y las revistas en las cuales no es explícito lo que se pretende publicar o el horizonte de producción de conocimiento en un campo o entre campos —específicamente: *VESc*; *Scientific*

*Research and Essays*, y *Publicaciones*— no se agruparon, pero sí se indica la cantidad de artículos para cada una.

Sin el ánimo de presentar detalladamente todas las posibles agrupaciones con los nombres de las revistas, vale la pena resaltar algunas: por ejemplo, las que tienen relación con el agrupamiento de revistas específicas (b): *Cell Biology Education*; *Journal of Technology Education*; *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*; *Journal of Agricultural Education*; *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología*; también, las especializadas en campos distintos de la educación o de la enseñanza (campo 2): *African Journal of Biotechnology*; *Journal of Biotech Research*; *Journal of Technology Studies*; *Life Science Journal*; *Procedia Social and Behavioral Sciences*, y *Electronic Journal of Biotechnology*.

Según la tabla 9, se encuentra que la agrupación 2 — campos diferentes de la educación— tiene mayor cantidad no solo de revistas, sino también, de artículos (nueve, en total). Las agrupaciones a, b y d —educación general, campo específico, y profesor, respectivamente— tienen igual cantidad de revistas; sin embargo, tienen diferencias en la cantidad de artículos: siete, cinco y seis, respectivamente. Las agrupaciones que tienen la menor cantidad de revistas son la e —coexistencia de campos entre la educación y diferentes de esta— y c —enseñanza—, con dos y tres, respectivamente. Se destaca la agrupación e, que contiene cinco artículos, en tanto que la c tiene dos. Para la agrupación f —coexistencia entre campos distintos de la educación— no se evidencian revistas.

**Tabla 9.** Cantidad de artículos y nombres de revistas y de memorias de eventos que han publicado artículos sobre educación en biotecnología con énfasis en los profesores

Nombre de la revista y memorias de eventos	Cantidad de artículos	Posible campo
<i>African Journal of Biotechnology</i>	1	2
<i>Journal of Biotech Research</i>	1	2
<i>Journal of Technology Studies</i>	1	2
<i>Life Science Journal</i>	1	2
<i>Procedia Social and Behavioral Sciences</i>	2	2
<i>Electronic Journal of Biotechnology</i>	3	2
<i>Cukurova University Faculty of Education Journal</i>	1	a
<i>Educare</i>	1	a
<i>Journal of Baltic Science Education</i>	1	a
<i>International Journal of Science Education</i>	2	a
<i>Research in Science Education</i>	2	a
<i>Cell Biology Education</i>	1	b
<i>Journal of Technology Education</i>	1	b
<i>Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología</i>	1	b
<i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	2	b
<i>Journal of Agricultural Education</i>	2	b
<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	1	c
<i>Teaching Education</i>	1	c
<i>Teaching and Teacher Education</i>	1	c y d
<i>Asia-Pacific Journal of Teacher Education and Development</i>	1	d
<i>Journal of Industrial Teacher Education</i>	1	d
<i>Revista Educación y Educadores</i>	1	d
<i>Teachers. Journal of Turkish Science Education</i>	1	d
<i>The American Biology Teacher</i>	2	d
<i>Journal of Science Education and Technology</i>	1	e
<i>Biochemistry and Molecular Biology Education</i>	2	e



Nombre de la revista y memorias de eventos	Cantidad de artículos	Posible campo
<i>International Journal of Environmental &amp; Science Education</i>	2	e
<i>Publicaciones</i>	1	----
<i>Scientific Research and Essays</i>	1	----
<i>VEsC</i>	1	----
<i>Enseñanza de las Ciencias. Número Extra*</i>	1	----
<i>Asi-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*</i>	1	----
Proceedings of the Chais conference on instructional technologies research 2010: Learning in the technological era*	1	----
<i>Proceedings of the NARST Annual Meeting*</i>	1	----
<i>Revista EDUCyT. Volumen extraordinario*</i>	1	----
<i>The World Conference on Science and Technology Education*</i>	1	----
<i>Memorias Jornadas Nacionales y Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología (2001 y 2012)/ Jornadas sobre investigación en educación a distancia y nuevas tecnologías en la UNC*</i>	2	----

\* Corresponde a memorias de eventos

Fuente: elaboración propia

A la luz de las revistas y de los artículos sobre la educación en biotecnología que enfatizan en los profesores, se puede manifestar que no solo han sido publicados en revistas que hacen referencia a la enseñanza, al profesor, o la educación, sino también, en revistas que, se podría decir, tienen objetos o sujetos de investigación distintos de la enseñanza, del aprendizaje, del profesor, del estudiante, de los currículos, de la evaluación, etc. Por ello, tiene sentido concretar que el nombre de la revista no es requisito para que solo se hagan publicaciones según el campo o los campos de conocimiento que se expliciten, pues, como se ha demostrado, los artículos sobre educación en biotecnología que han enfatizado en el profesor tienen pluralidad de revistas para presentar sus resultados de investigación.

## Autores más recurrentes en el campo de investigación sobre la educación en biotecnología con énfasis en el profesor, por país

Páginas atrás se realizó una aproximación general al comportamiento que tienen las publicaciones sobre educación en biotecnología teniendo en cuenta a los autores que más artículos han publicado al respecto en su país —por lo menos, dos— y las posibles publicaciones compartidas con otros autores/países (tabla 5). En la tabla 10 se sigue la misma lógica, solo que ahora con artículos que enfatizan en el profesor.

**Tabla 10:** Agrupación de autores con dos o más publicaciones por país sobre educación en biotecnología con énfasis en el profesor

Autores	Cantidad de artículos	País
Cabo, J.; Enrique, C. y Cortiñas, J. (2005)	2	España
Cabo, J.; Enrique, C.; García-Peña, H. y Cortiñas, J. (2006)		
Šorgo, A. y Ambrožič-Dolinšek, J. (2009)	2	Eslovenia
Šorgo, A.; Jaušovec, N.; Jaušovec, K. y Puhek, M. (2012)		
Darçin, E. y Türkmen, L. (2006)	3	Turquía
Darçin, E. y Güven, T. (2008)		
Darçin, E. (2011)		
Sürmeli, H. y Şahin, F. (2010, 2012)	2	Turquía, Líbano, Lituania y Eslovaquia
Erdoğan, M.; Özel, M.; BouJaoude, S.; Lamanauskas, V.; Uşak, M. y Prokop, P. (2012)	2	
Erdoğan, M.; Özel, M.; Uşak, M. y Prokop, P. (2009)	2	Turquía y Eslovaquia
Kidman, G. (2007, 2009, 2010)	3	Australia

Fuente: elaboración propia

Como cabía esperar, la cantidad de autores en este caso disminuye en relación con los autores que no han hecho énfasis en el profesor.

Así pues, se denota que son dos los autores que más publicaciones tienen: Darçin y Kidman: cada uno con tres artículos; esta última autora, de Australia, no aparece compartiendo sus artículos en coautoría ni con otros investigadores ni con otros países. Mientras, Darçin no solo comparte artículos con otros autores, así como tiene uno individual, sino que en su país se observan otros autores principales, como Sürmeli y Erdoğan, que tienen dos artículos cada uno; es decir, estos tres autores —Darçin, Sürmeli y Erdoğan—, en conjunto, tienen siete artículos sobre educación en biotecnología con énfasis en el profesor.

En Turquía, algunos autores tienen un particular interés por investigar al profesor. En la tabla 10 se observa que el conjunto de los siete artículos de Darçin, Erdoğan y Sürmeli son los mismos que se observan en la tabla 5. Lo mismo ocurre con los dos artículos de Šorgo (Eslovenia) y los dos de Cabo (España). Esto quiere decir que dichos autores, junto con Kidman, son quienes más se han concentrado en investigar a los profesores en el contexto de la producción de conocimiento en torno a la educación en biotecnología.

Es contrastante que Estados Unidos, siendo el país con más cantidad de artículos sobre educación en biotecnología, no presente autores que tengan más de un artículo sobre educación en biotecnología con énfasis en el profesor. En este país son nueve los autores que han publicado cada uno un artículo. Entre tanto, en Turquía, de nueve artículos (sumados los siete individuales —tabla 7— y dos en conjunto con países —tabla 10—), siete corresponden a tres autores —Darçin, Sürmeli y Erdoğan (tabla 10) — que han publicado dos o más artículos.

Mientras que en la tabla 10 no aparecen Argentina ni Estados Unidos, en la tabla 5 ambos países aparecen, respectivamente, con seis artículos (Ocelli) y nueve artículos (distribuidos entre Dunham, Montgomery, Zeller y Wells). Por lo tanto, esos dos países han hecho investigaciones sobre educación en biotecnología, pero no se evidencian autores que se hayan concentrado en estudiar al profesor.

Por los datos cuantitativos encontrados para los 48 artículos sobre educación en biotecnología con énfasis en el profesor, se puede inferir que este campo de investigación se encuentra, hasta ahora, en emergencia; ello no es menos cierto para la investigación de la educación en biotecnología en general.

Si bien es cierto que varios países han hecho estudios y los han publicado, y que algunos de ellos van a la vanguardia en la cantidad de publicaciones, eso no siempre es indicador de convergencias en la investigación sobre el profesor. La excepción es Turquía y, en parte, Australia y Eslovaquia; no obstante, ese solo hecho no sería suficiente, pues habría que hacer un análisis pormenorizado respecto a las citas en los artículos no solo dentro de un país, sino entre estos.

De los 48 artículos seleccionados sobre el profesor como sujeto o como problema de investigación, ya se pueden identificar autores de algunos países que han hecho dos o más publicaciones al respecto. De todas maneras, en los 181 artículos sobre educación en biotecnología, en general, también se encuentran algunos autores y sus países que tienen dos o más publicaciones, pero no tienen como énfasis al profesor.

## Conclusiones

La publicación de artículos sobre educación en biotecnología representa un indicio de la importancia que la biotecnología está adquiriendo en la formación de las personas desde la década de 1980; en ese mismo sentido, el seguimiento a los artículos que enfatizan en el profesor deja entrever que desde el decenio de 1990 se están adelantando investigaciones.

Se evidencia que el campo de investigación de la educación en biotecnología ha sido abordado por varios países; sin embargo, hay un interés particular por parte de Estados Unidos, Turquía, Australia y Argentina. Lo propio ocurre en relación con el profesor como sujeto de estudio, y en cuanto a las publicaciones de autores de manera individual, por parte de Estados Unidos, Turquía y Australia.

Turquía es el país en el que más autores —con más de una publicación— han investigado sobre la educación en biotecnología con énfasis en el profesor. Le siguen Australia, Eslovenia y España. En tal sentido, Estados Unidos no tiene autores con más de una publicación.

En la presente investigación es manifiesto que Eslovaquia y Turquía tienen la mayor cantidad de publicaciones compartidas con otros países acerca de la investigación sobre el profesor, mientras Turquía tiene siete publicaciones individuales —por país—; Eslovaquia tiene solo publicaciones compartidas tanto en las relacionadas con el profesor como en las de la educación en biotecnología en general.

Existe dispersión en los investigadores en el interior de los países, sobre todo, en Estados Unidos; sin embargo, es

notorio que hay una tendencia a realizar investigaciones conjuntas con otros países. En cuanto a esto último, lo mismo se puede decir para el caso de Turquía y de Eslovaquia, en los que se evidencia colaboración entre los investigadores para llevar a cabo estudios; sobre todo, en la educación en biotecnología para hacer énfasis en los profesores.

Los artículos de libre acceso consultados para la presente investigación, acerca de las investigaciones sobre educación en biotecnología con énfasis en los profesores y, sobre todo, el crecimiento de estos desde los inicios del siglo XXI hasta 2013, dejan entrever que se está empezando a tener en cuenta la relevancia del profesor en la educación.

Las publicaciones sobre educación en biotecnología se han realizado en diversidad de campos de investigación, por lo cual se puede constatar que el nombre de la revista no es condición estricta para lo que en ella se publica.

Cabe dejar las preguntas sobre por qué algunos países han tenido mayor interés por realizar investigaciones sobre educación en biotecnología, y por qué algunos países tienden a realizar investigaciones de manera conjunta con otros países.

## Agradecimientos

Se agradece al doctor Édgar Orlay Valbuena Ussa, coordinador de la línea de investigación Conocimiento Profesional del Profesores Ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, por sus aportes académicos a este artículo.

## Referencias

- Abrams, P. (1993). Analyzing biotech's past, present, and future. *Bio/Technology*, 11, 450-451.
- Aycardi, E. (1986). Alcance, desarrollo y perspectivas de la Biotecnología en el país. *Colombia. Ciencia y Tecnología*, 4 (4), 28-29.
- Bourdieu, P. (2003). *El oficio del científico. Ciencia de la ciencia y la reflexividad*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Cabo, J., Enrique, C. y Cortiñas, J. (2006). Opiniones e intenciones del profesorado sobre la participación social en Ciencia y Tecnología. El caso de la Biotecnología. *Revista Eureka*, 3 (3), 349-368.
- Cabo, J., Enrique, C., García-Peña, H. y Cortiñas, J. (2005). Controversias y dilemas en el aula. El caso de la biotecnología. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra*.
- Darçın, E. y Güven, T. (2008). Development of an Attitude Measure Oriented to Biotechnology for the Pre-Service Science Teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 5 (3), 72-81.
- Darçın, E. y Türkmen, L. (2006). A study of prospective Turkish science teachers' knowledge at the popular biotechnological issues. *Asi-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7 (2).
- Darçın, E. (2011). Turkish pre-service science teachers' knowledge and attitude towards application areas of biotechnology. *Scientific Research and Essays*, 6 (5), 1013-1019.
- Dawson, V. y Schibeci, R. (2003). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education*, 38 (1), 7-12.
- Dawson, V. y Venville, G. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31 (11), 1421-1445.
- Dawson, V. (2007). An Exploration of High School (12-17 year old) Students' Understandings of, and Attitudes Towards Biotechnology Processes. *Research in Science Education*, 37, 59-73.
- Dunham, T., Wells, J. y White, K. (2002a). Biotechnology education: a multiple instructional strategies approach. *Journal of Technology Education*, 14 (1), 65-81.
- Dunham, T., Wells, J. y White, K. (2002b). Photobioreactor: Biotechnology for the Technology Education Classroom. *The Technology Teacher*, 62 (2), 7-12.
- Erdoğan, M., Özel, M., BouJaoude, S., Lamanauskas, V., Uşak, M. y Prokop, P. (2012). Assessment of preservice teachers' knowledge and attitudes regarding biotechnology: A cross-cultural comparison. *Journal of Baltic Science Education*, 11 (1), 78-93.
- Erdoğan, M., Özel, M., Uşak, M. y Prokop, P. (2009). Development and validation of an instrument to measure university student Biotechnology attitude. *Journal of Science Education and Technology*, 18 (3), 255- 264.
- France, B. y Bay, J. (2010). Questions Students Ask: Bridging the gap between scientists and students in a research institute classroom. *International Journal of Science Education*, 32 (2), 173-194.
- France, B. (2000). Biotechnology teaching models: what is their role in technology education?

- International Journal of Science Education*, 22 (9), 1027-1039.
- France, V. (2007). Location, Location, Location: Positioning Biotechnology Education for the 21st Century. *Studies in Science Education*, 43, 88-122.
- Fukuyama, F. (2003). *El fin del hombre. Consecuencias de la revolución biotecnológica*. Barcelona, España: Ediciones B.
- Gelamdin, R., Alias, N. y Attaran, M. (2013). Students' and Teachers' Perspectives on Biotechnology Education: A Review on Publications in Selected Journals. *Life Science Journal*, 10 (1), 1210-1221.
- Ho, M. (2001). *Ingeniería genética ¿sueño o pesadilla?* Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Kidman, G. y Hoban, G. (2009). Biotechnology learnings using 'Claymation' and 'Slowmation'. *NARST Grand Challenges and Great Opportunities in Science Education*, 1-6.
- Kidman, G. (2007). Biotechnology education: topics of interest to students and teachers. *The World Conference on Science and Technology Education, 8 to 12 July, Perth, Australia*.
- Kidman, G. (2008). Asking students: What key ideas would make classroom biology interesting? *Teaching Science*, 54 (2), 34-38.
- Kidman, G. (2009). Attitudes and interests towards biotechnology: The mismatch between students and teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology*, 5 (2), 135-143.
- Kidman, G. (2010). What is an "Interesting Curriculum" for biotechnology education? Students and teachers opposing views. *Research in Science Education*, 40 (3), 353-373.
- Lui, K. y Chan, S. (1999). Biotechnology education for teacher trainees. New Horizons in Education. *The Journal of Education Hong Kong Teachers' Association*, 40, 109-116.
- Madden, D. (2005). The English patient Biotechnology education in the UK. En: P. Csermely, T. Korcsmáros y L. Lederman. Science Education: Best Practices of Research Training for Students under 21 (pp. 143-152). *NATO Science Series, V: Science and Technology Policy*, 47.
- Malajovich, M. (2012). *Biotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Universidad Nacional de Quilmes.
- McInerney, J. (Ed.). (1990). Teaching biotechnology in schools. *Science and Technology Education Document Series*, 39. Paris: Unesco.
- Mendiola, I. (2009). La biopolítica como un pensar fronterizo. En: I. Mendiola (Ed.). *Rastros y rostros de la biopolítica*. Barcelona, España: Anthropos Editorial. Pp. 7-29.
- Montgomery, B. (2003). Teaching the principles of biotechnology transfer: A service-learning approach. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6 (1), 13-15.
- Montgomery, B. (2004). Teaching the Nature of Biotechnology Using Service-Learning Instruction. *BEE-j*, noviembre, 4, 1-12.
- Moreno, G. (2003). *Cómo investigar. Técnicas documentales y de campo*. México: Ederè.
- Narasimharao, B. (2010). Biotechnology education and societal demands: challenges faced by biotechnology and human resources development. *Social Responsibility Journal*, 6 (1), 72-90.
- Narasimharao, P. (2009). Need for New Trends in Biotechnology Education and Training. *Asian Biotechnology and Development Review*, 11 (2), 89-114.
- Ocelli, M. y Valeiras, N. (2009). Un modelo didáctico para la enseñanza de la Biotecnología en la escuela secundaria integrando tecnologías de la información y la comunicación. *Jornadas sobre investigación en educación a distancia y nuevas tecnologías en la UNC*.
- Ocelli, M. y Valeiras N. (2010). La biotecnología y el curriculum de la escuela secundaria Argentina. *Memorias IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, 1-2.
- Ocelli, M. y Vázquez-Abad, J. (2010). Teacher training through the solution of a *biotechnological problem in a computer supported collaborative learning environment*. *VESC*, 1 (1), 51-63.
- Ocelli, M. (2012). Estrategias de enseñanza vinculadas a la biotecnología. *Memorias X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, 1992-1993.
- Ocelli, M., García, L. y Masullo, M. (2012). Integración de las TICs en la formación inicial de docentes y en sus prácticas educativas. *VESC*, 3 (5), 53-72.
- Ocelli, M., Vilar, M. y Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de

- Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 227-242.
- Pedrancini, V., Corazza-Nunes, M., Bellanda, M., Rosas, A. y De Carvalho, W. (2008). Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14 (1), 135-146.
- Pedrancini, V., Corazza-Nunes, M., Bellanda, M., Rosas, A. y Ribeiro, A. (2007). Ensino e aprendizagem de Biología no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 299-309.
- Rifkin, J. (1998). *The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remaking the World*. EE. UU: Putmann/Tarcher.
- Roa, R. (2012). Configuración del conocimiento didáctico profesional del profesor de ciencias para la enseñanza de la biotecnología en Colombia. Propuesta de investigación. *Revista EDUCyT*, Volumen Extraordinario, diciembre, 107-125.
- Royal Society (1981a). Biotechnology and education. *Working group report*.
- Royal Society (1981b). Biotechnology - an interdisciplinary curriculum for schools. *School Science Review*, 68, 699-701.
- Royal Society (1982). Biotechnology and education. *Journal of Biological Education*, 16 (1), 10-12.
- Ruiz, A. (2013). Acerca del campo teórico de la educación. En: G. Vargas, y A. Ruiz. *Cátedra doctoral. Campo intelectual de la educación y la pedagogía*. Número 1. Colombia: Universidad Pedagógica Nacional. Pp. 67-90.
- Sasson, A. (1989). Biotecnologías y los países en desarrollo: promesas y desafíos. *Colombia. Ciencia y Tecnología*, enero-marzo, 7 (1), 4-8.
- Šorgo, A. y Ambrožič-Dolinšek, J. (2009). The relationship among knowledge of, attitudes toward and acceptance of genetically modified organisms (GMOs) among Slovenian teachers. *Electronic Journal of Biotechnology*, 12 (3), 1-13.
- Šorgo, A., Jaušovec, N., Jaušovec, K. y Puhek, M. (2012). The influence of intelligence and emotions on the acceptability of genetically modified organisms. *Electronic Journal of Biotechnology*, 15 (1), 1-11.
- Streelman, J. y Karl, A. (1997). Reconstructing labroid evolution using single-copy nuclear DNA. *Proceedings of the Royal Society of London (B)*, 264, 1011-1020.
- Strohman, R. (1997). The coming Kuhnian revolution in biology. *Nature Biotechnology*, 15, 194-200.
- Sürmeli, H. y Sahin, F. (2010). Examination of university students' attitudes towards biotechnological studies in terms of faculty and gender variables. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 3999-4005.
- Sürmeli, H. y Şahin, F. (2012). Preservice science teacher's opinions and ethical perceptions in relation to cloning studies. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 41 (2), 76-86.
- Uribe, J. (2011). La investigación documental y el estado del arte como estrategia de investigación en ciencias sociales. En: P. Páramo. (Comp.). *La investigación en ciencias sociales: estrategias de investigación*. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Pp. 195-210.
- Valbuena, E., Correa, M. y Amórtegui, E. (2012). La enseñanza de la biología ¿un campo de conocimiento? Estado del arte 2007-2008. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, 31, 67-90.
- Wells, J. y Kwon, H. (2008). Inclusion of biotechnology in US Standards for Technological Literacy: Influence on South Korean Technology Education Curriculum. *Proceedings of the 19th Pupil's Attitude Toward Technology Conference*, 315-333.
- Wells, J. (1994). Establishing a Taxonomic Structure for the Study of Biotechnology in Secondary School Technology Education. *Journal of Technology Education*, 6 (1), 58-75.
- Wells, J. (1999). Biotechnology Content Organizers. *Journal of Industrial Teacher Education*, 36 (4).
- Wymer, P. (1986). A driving force in biotechnology. *New Scientist*, 1525, 63.
- Wymer, P. (1990). Considerations for implementation. En: J. McInerney (Ed.). *Teaching Biotechnology in School*. Paris: Unesco.
- Wymer, P. (1992). Biotechnology in schools: the UK experience. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 8, 473-476.
- Wymer, P. y Micklos, D. (1990). New Educational Journal Biotechnology Education. *Biochemical Education*, 18 (1), 57.

Yarden, H. y Yarden, A. (2006). Supporting learning biotechnological methods using interactive and task included animations. *SIG 2 Bi -Annual meeting "Text and graphics comprehension"*, 131-135.

Yarden, H. y Yarden, A. (2010). Teachers' Contribution to the Enactment of Animations in Class while Studying Biotechnological Methods. *Proceedings of the Chais conference on instructional technolo-*

*gies research 2010: Learning in the technological era*, 94-99.

Zeller, M. (1994). Biotechnology in the high school biology curriculum: The future is here! *The American Biology Teacher*, 56 (8), 460-462.

Zeller, M. (2002). Agricultural Biotechnology Education. *The Agricultural Education Magazine*, 74 (5), 22-23.