

Un estudio descriptivo de las investigaciones acerca del cálculo escolar a través del tiempo.

Natividad Nieto Saldaña, Heidy Cecilia Chavira, Juan de Dios Viramontes
Miranda, Oscar Hernán Estrada Estrada

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ

Resumen.

En este reporte se pretende mostrar la relevancia y tendencia de las investigaciones que se han hecho acerca del cálculo. Se realizó un estudio bibliométrico para caracterizar las investigaciones reportadas en artículos académicos de matemática educativa en revistas de corte internacional. Las bases de datos que se analizaron fueron Science Direct y Scopus, esto nos permitió realizar una discusión del estatus de esta problemática, así como el estatus de las revistas latinoamericanas y españolas en estos contextos. El objetivo es tener un panorama del avance en las investigaciones en torno a las problemáticas de la enseñanza y aprendizaje del cálculo, sin diferenciar sobre aquellas de corte cognitivo o teórico, o de los diferentes niveles académicos. Además nos interesa mostrar las tendencias en cuanto al interés por aportar en la problemática y en mostrar cuáles son las revistas de investigación a nivel internacional que aportan mayores resultados al respecto. No es la intención categorizar o validar los resultados o las revistas, sino tener un panorama de qué tanto se ha dicho en torno al cálculo.

Antecedentes

La problemática de la enseñanza y aprendizaje del cálculo ha sido abordado desde muchas aproximaciones teóricas y propuestas didácticas. Artigue en 1998 sintetiza los principales resultados de investigaciones didácticas referentes a las dificultades de los estudiantes en el campo conceptual del análisis elemental (cálculo), en este escrito discute lo difícil que es para los estudiantes adentrarse en la dinámica conceptual del cálculo. En particular delimita la problemática con una caracterización de las dificultades ligadas a los siguientes aspectos: la complejidad epistemológica de los conceptos básicos del cálculo, los objetos básicos, el concepto de límite y por último las dificultades ligadas a la necesidad de la ruptura con el pensamiento algebraico

La misma autora en 2003, discute los resultados de las investigaciones didácticas a nivel universitario, donde enfatiza algunos resultados negativos, tales como los cálculos meramente algebraicos, las discrepancias entre las definiciones formales y los criterios para comprobar propiedades, las dificultades con el razonamiento lógico y las demostraciones, la conexión del trabajo analítico y gráfico de forma flexible y por último las dificultades ante tareas no rutinarias.

Tal como lo muestran de manera resumida los trabajos de Artigue (1998, 2003), las investigaciones han dado cuenta de las dificultades inherentes al aprendizaje del cálculo, pero nuestro objetivo no es mostrar un panorama de cuáles son las dificultades, sino que tanto se ha reportado al respecto independientemente de conceptos específicos, aproximaciones teóricas y propuestas didácticas. Para reportar esta información de manera sistemática, realizamos un estudio bibliométrico, el cual describimos en detalle en el apartado de la metodología.

Objetivo del estudio

Identificar cuáles son las principales revistas que reportan investigaciones, cual ha sido el comportamiento del número de investigaciones registradas por año, así como las áreas en donde se dan aportes a la problemática de la enseñanza y aprendizaje del cálculo. De tal forma que se presenta de manera descriptiva desde un punto de vista bibliométrico los avances y tendencias de los estudios acerca del cálculo en las principales revistas de investigación.

Metodología

Método bibliométrico

La intención de la bibliometría es medir la repercusión de la actividad científica para construir indicadores de la investigación significativa en un área de conocimiento (de Arenas y Santillan-Rivero, 2002), en particular nos interesa mostrar indicadores en torno a la repercusión de las investigaciones que se relaciona con aspectos del cálculo. Los estudios bibliométrico consideran la cuantificación de las publicaciones como elemento básico para establecer indicadores de repercusión, mientras que la de citas puede usarse como medida de la repercusión o importancia de una publicación de una persona, institución o país.

Sin embargo es importante aclarar que los cuantificadores no pretenden ser un reflejo la calidad de los documentos ya que se reconoce la importancia de los resultados de las diferentes artículos y por ende como estos contribuyen de manera diferente a la problemática en torno al cálculo, demás también los estilos y categorías varían de acuerdo con la disciplina en donde se publica el artículo (de Arenas y Santillan-Rivero, 2002).

En lo que respecta a la cuantificación de citas el valor y significado de las citas es subjetivo debido a las diferentes interpretaciones que se pueden hacer, por otro lado la única fuente de información respecto al número de citas es el Institute fo Scientific Information (ISI), el cual solo contempla una parte de la producción científica a nivel mundial y en su mayoría de lengua inglesa, además de las variantes que se presentan de acuerdo a la disciplina como lo pueden ser tipo de trabajo y la rapidez con que son citados los artículos (de Arenas y Santillan-Rivero, 2002). La variante del idioma representa una desventaja para las revistas de matemática educativa de lengua no inglesa, en particular resaltamos el caso de las de

lengua española, lo que deja de lado las valiosas aportaciones que hacen revistas como RELIME, Números, Enseñanza de las Ciencias, Bolema, Premisa, Educación Matemática, por mencionar algunas.

La principal fuente de información para un estudio bibliométrico, son sin duda las bases de datos, en estas los elementos o aspectos a utilizar son palabras clave o descriptores lo que nos permite hacer un estudio de fuentes de investigación o temáticas en este caso, el cálculo, nombres de autores, afiliación y fechas de publicación (Boeris, 2011). Cada uno de estos elementos de manera independiente o en combinaciones de varios de ellos permite mostrar tendencias y/o impacto en temáticas específicas como lo es el caso del cálculo.

Las bases de datos Science Direct y Scopus

Una de las características de los estudios bibliométricos como ya se estableció anteriormente, es el tomar como fuente de información las bases de datos (Boeris, 2011), por esto es que se utilizan las bases Science Direct y Scopus para este estudio, por tener una información que data desde 1995 hasta los meses intermedios de 2014, es importante establecer este margen de tiempo ya que el estudio se realizó en los meses del verano de 2014 y estas bases ya contabilizan estos meses en sus estadísticas.

La base de datos de Science Direct es mayormente utilizada en las áreas de ciencias naturales y ciencias puras y por su parte Scopus en ciencias sociales y humanidades. Dado el estatus de la matemática educativa y por ende del cálculo escolar como un área que permea tanto en las ciencias puras como sociales y en las humanidades, es necesario considerar para nuestro estudio ambas bases de datos. Cada una de ellas permite analizar diferentes categorías en el caso de Science Direct tomamos los datos de año de publicación, fuente de la publicación y el área donde se publicaron las investigaciones; en el caso de Scopus se da seguimiento a las citas, autores y los índices que se consideran en ISI.

Criterio de selección de las revistas de investigación

Para la selección de las revistas de investigación a considerar en el estudio bibliométrico nos basamos en el trabajo de Toerner y Arzaello (2012), quienes se dieron a la tarea de consensar una escala de las principales revistas en matemática educativa. La importancia de este conceso es que es un esfuerzo conjunto del Comité de Educación de la Sociedad Matemática Europea (EMS), el Comité Ejecutivo de la Sociedad Europea para la Investigación en Matemática Educativa (ERME) apoyadas por la Comisión Internacional para la Educación Matemática (ICMI). La escala la construyeron partieron de una lista de 49 revistas, la cual se redujo a 28 al compararlas con las revistas enlistadas en el Índice

Europeo de Referencias para las Humanidades (ERIH), la reducción mantuvo en la lista todos las revistas de matemática educativa.

Además se formó un panel de 91 expertos en el área de matemática educativa provenientes de 42 países miembros del EMS y el ERME quienes tenían la libertad de hacer sugerencias de títulos de revistas que ellos consideraran importantes y que no aparecieran en el listado que se les propuso. La calificación que se propuso estaba formulada con respecto a cuatro aspectos: reconocimiento, proceso de revisión y estándares de calidad, editores y comités editoriales y por último las citas. Cada uno de los cuatro aspectos fue caracterizado para que los evaluadores asignaran una calificación de A*, A, B y C, además tenían la opción de calificar con X en caso de no conocer alguna revista. Una de las debilidades de esta escala es que está centrada en un entorno europeo, lo cual pone en desventaja a las revistas latinoamericanas, las cuales también aportan a la problemática del cálculo, la mayoría de las revistas estaban escritos en inglés lo cual muestra la desventaja del idioma, se consideraron principalmente revistas de matemática educativa lo que limita el aporte de otras áreas como la educación por ejemplo.

Las primeras cuatro revistas que aparecen en el listado y que se califican con A* y A son:

- Educational Studies in Mathematics
- Journal for Research in Mathematics Education
- For the Learning of Mathematics
- The Journal of Mathematical Behavior

Resultados

Como se estableció anteriormente los resultados de las principales fuentes en donde se han reportado investigaciones en torno a la enseñanza y aprendizaje del cálculo, cuantos artículos se han publicado por año y en qué áreas se obtienen de la información de Scopus

Al elaborar el estudio bibliométrico muchas de las revistas que aparecen en esta calificación aparecen como las principales proveedoras de artículos en las bases de datos Science Direct y Scopus, más aun dos de los cuatro revistas que se califican como las mejores y que son los que consideramos, aparecen entre las primeras ocho resultados de las bases datos, es decir, hay una concordancia entre la calificación que se hace en Toerner y Arzaello (2012) y lo que arroja el estudio que se realizó. Otra concordancia en que arrojo el estudio es el International Journal of Mathematical Education in Science and Technology que aparece entre estos ocho primeros resultados del Scopus pero aparece con una calificación de B.

Mostramos los resultados con gráficas que nos permiten mostrar de una manera más visual las tendencias y fenómenos que se encontraron en el estudio, dichas gráficas se construyeron delimitando y seleccionando datos de los resultados obtenido en Scopus bajo el límite de tiempo antes mencionado así como de los resultados obtenidos al utilizar la herramienta de búsqueda avanzada.

Fuentes.

Empezamos por presentar las principales fuentes de artículos referentes a calculo que se obtienen en Scopus, para esto analizaremos las Figura 1 y Figura 2 para tal fin. Es importante destacar que la búsqueda que se hizo tanto en Science Direct como en Scopus fue en la opción de búsqueda avanzada bajo los criterios: ((TITLE-ABS-KEY(calculus)) AND (teaching and learning)); como lo mencionamos anteriormente las bases de datos refieren mejores resultados con búsquedas en inglés, es por esto que la búsqueda se hace directamente en ese idioma, evidentemente esto representa una desventaja para las revistas y artículos que no son escritos completamente en inglés (este aspecto lo reflexionaremos y discutiremos de manera más amplia en las conclusiones).

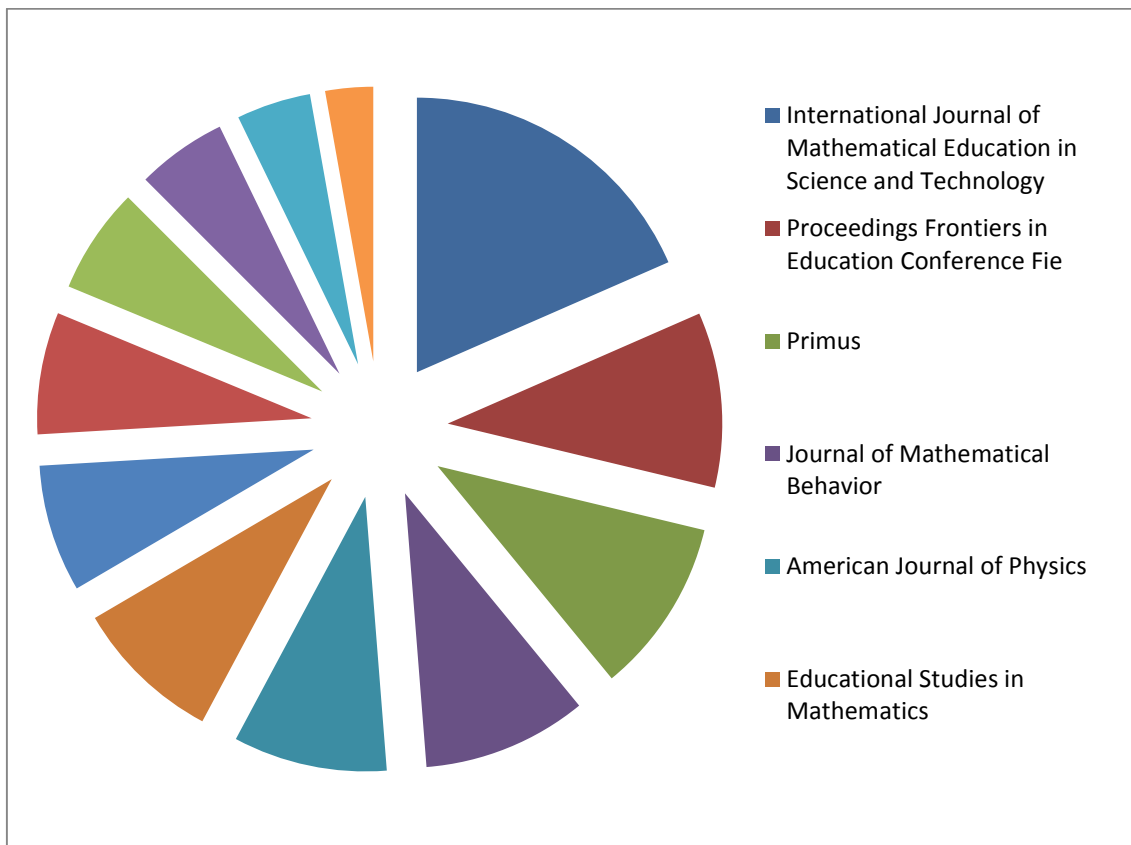


Figura 1. Proporción de artículos publicados referentes al cálculo por revistas

Como muestra la Figura 1 en estos primeros ocho resultados se incluye revistas que no son de matemática educativa pero si pueden dar un aporte a la problemática del cálculo, como lo establecimos anteriormente la naturaleza del cálculo hace que su problemática permee en otras áreas de investigación y conocimiento.

Por otra parte la Figura 2 muestra como el Journal of Mathematical Behavior tiene más artículos publicados por encima del Educational Studies in Mathematics y el Journal for Research in Mathematics Education, en contraste con la calificación están por encima del primero, lo cual reafirma que este estudio no pretende validar la calidad de los journals por el número de artículos que reporta, sino simplemente mostrar donde se está haciendo más accesible y visible los resultados de las investigaciones. También es importante destacar como en los resultados de esta base de datos no aparece la revista Fort he Learning of Mathematics que fue calificado como el segundo en la escala de Toerner y Arzaello.

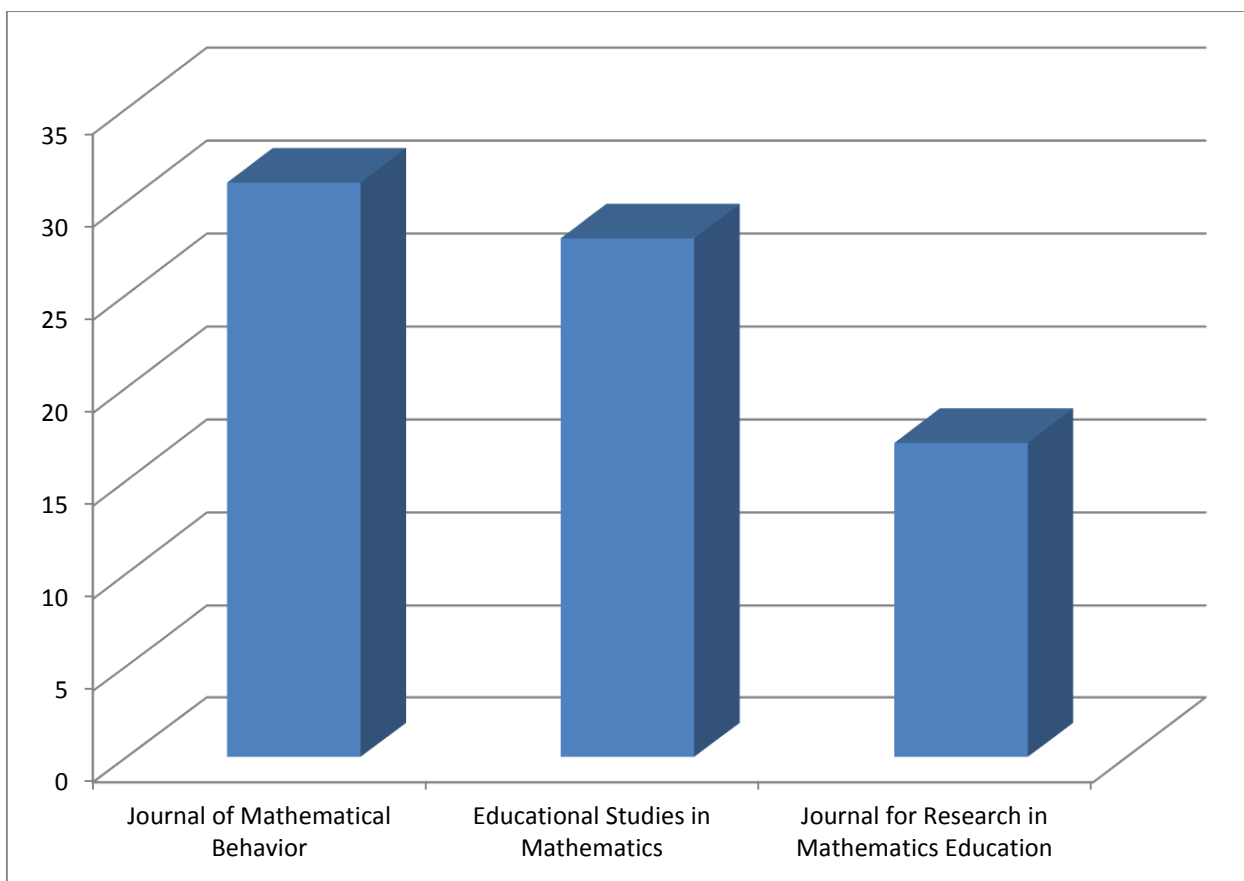


Figura 2. Número de artículos relacionados con cálculo publicados.

Área

El estatus del cálculo como herramienta base para construir otros conocimientos y su utilidad en situaciones de aplicación, hace que la importancia de su enseñanza y aprendizaje permee en otras áreas, es por esto, que también presentamos los resultados que son publicados en revistas que aunque no son de matemática educativa muestran la relevancia de estar al tanto de donde podemos informarnos de aspectos de referencia y aplicación en temas referentes al cálculo.

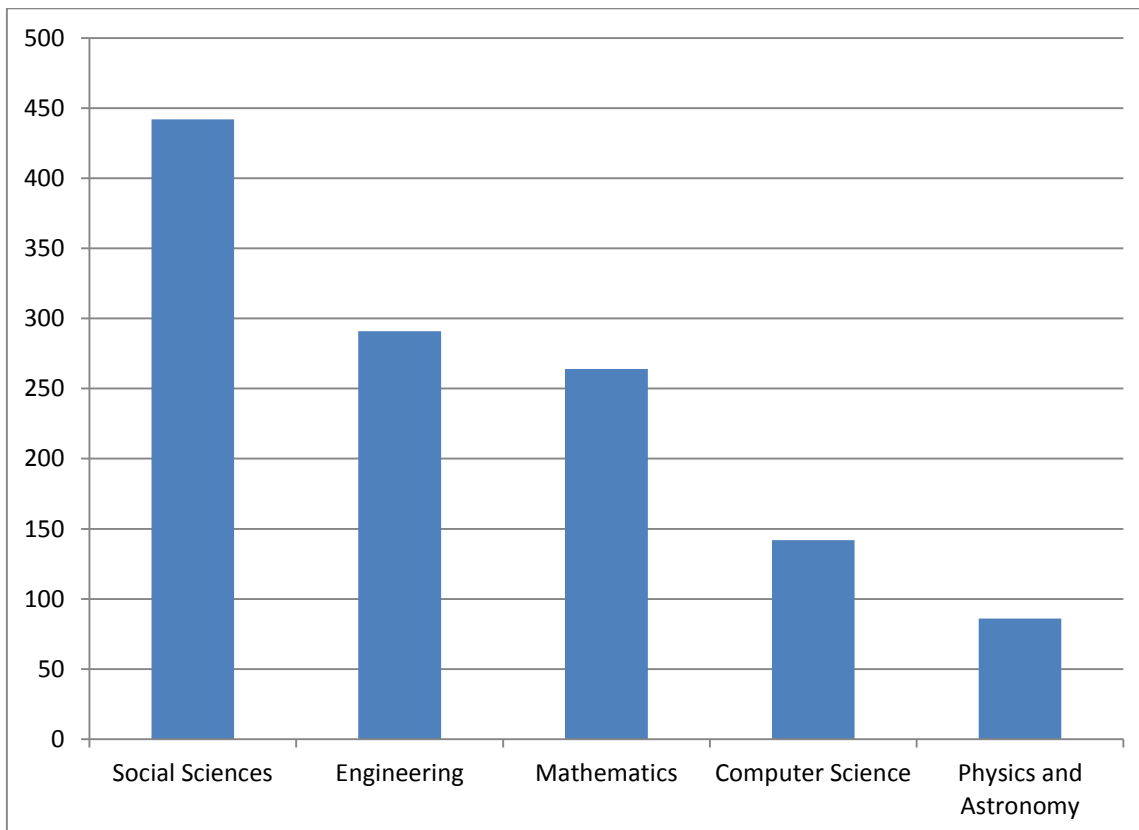


Figura 3: Número de artículos relacionados con cálculo por área

Por tradición la matemática educativa ha vivido entre el mundo de las ciencias sociales pero con un fuerte lazo natural en las matemáticas, como se puede ver en la Figura 3 entre estas dos áreas se han reportado más de 700 artículos con temas referentes al cálculo (442 y 264 respectivamente), pero más aún esta figura nos muestra el fuerte impacto y relevancia que las investigaciones en torno al cálculo tienen otras áreas como la ingeniería, las ciencias computacionales, la física y la astronomía. Entre estas cinco áreas son las que mayores resultados arroja Scopus, obviamente por el uso de la palabra calculo en contextos médicos también la base de datos arroja resultados en áreas como química, medicina, enfermería entre otros que obviamente no son considerados en el estudio.

Año

La Figura 4 nos permite ver el crecimiento que se ha tenido en la comunidad de matemática educativa tanto en presencia para aportar resultados de investigación como la fortaleza e identidad que la misma área se ha forjado a través del tiempo, considerando que es aproximadamente partir de los años 60 que se empieza a hablar de matemática educativa. La gráfica se construyó a partir de resultados con la misma línea de búsqueda ((TITLE-ABS-KEY(calculus)) AND (teaching and learning)) pero solo se tomaron los de revistas con artículos referentes al cálculo. La figura 4 tiene la particularidad de mostrar un adelanto de los artículos que se llevan publicados hasta septiembre del 2014, lo cuales ya suman 75, pero aun el contador está abierto a las revistas que tienen publicaciones en los meses finales del año.

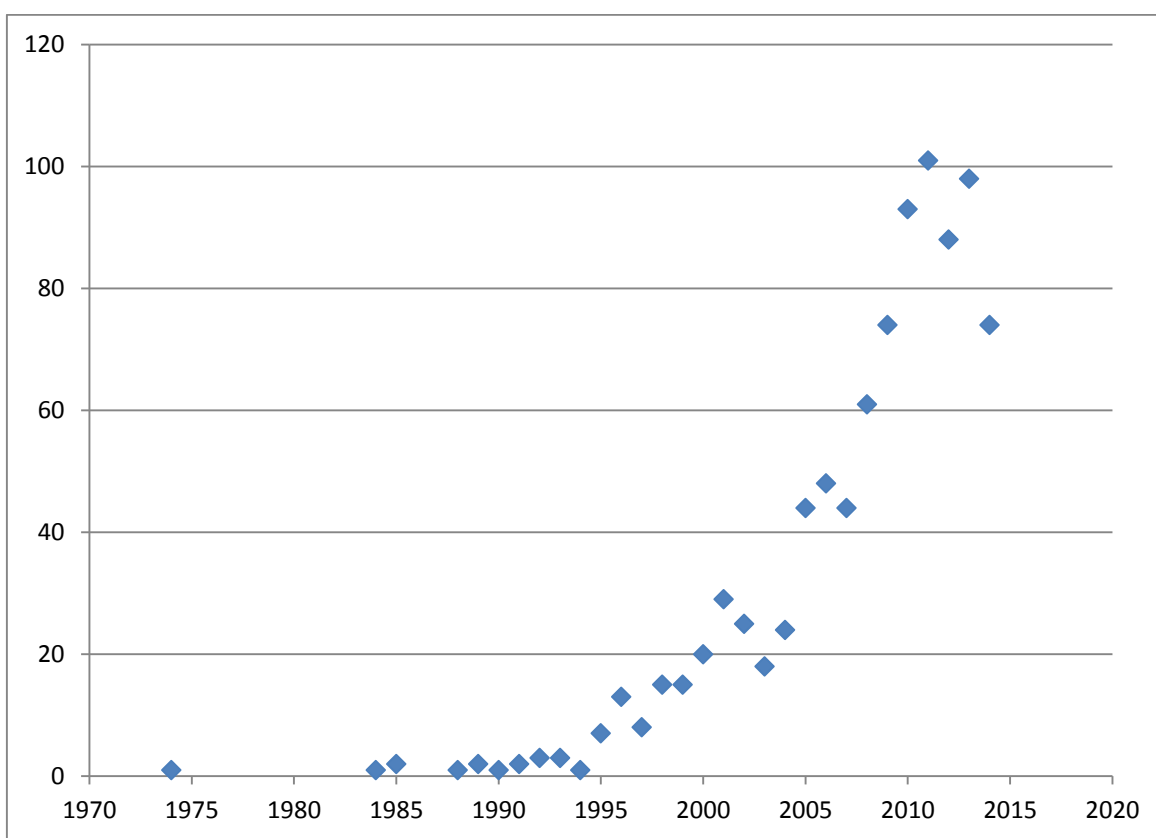


Figura 4. Número de artículos relacionados con cálculo publicados por año

Citas, Autores Principales e Índices de Impacto.

Ya hemos mencionado la desventaja que el idioma representa para las revistas en español, para mostrar de una manera más fehaciente el impacto y relevancia del idioma veamos lo que pasa si hacemos búsquedas con términos en español y la impresión que esto deja al medir citas, identificar autores principales y sus respectivos índices de impacto.

El número de citas definitivamente está ligado a lo accesible que sean los artículos a la comunidad, un artículo puede ser muy citado dado que es de fácil acceso (sin demeritar la importancia y/o relevancia del contenido) lo que nuevamente pone en desventaja las aportaciones de las revista en español, ya que no aparecen de manera directa en las bases de datos, de hecho si en la base datos de Science Direct se cambia ((TITLE-ABS-KEY(calculus)) AND (teaching and learning)) por ((TITLE-ABS-KEY(cálculo)) AND (enseñanza y aprendizaje)) no se obtienen ni un solo resultado que sea referente al área de matemática educativa; aun si se aplica un filtro para hacer la búsqueda en el área de ciencias sociales, esto da un solo artículo referente al cálculo en el Journal of Mathematical Behavior, la cual es una de las cuatro revistas que se consideraron en el estudio bibliométrico, esto muestra lo importante de la accesibilidad de las revistas para ser consideradas como importante o mejores en el área. Esto es obviamente una injusticia para todos los investigadores que han dado importantes aportaciones a la problemática en torno al cálculo y lo siguen haciendo.

La casi invisibilidad de las revistas y artículos en español en las bases de datos como Science Direct y Scopus hace que los índice de impacto, de algunos artículos muy relevantes en el área, no sea apegado al verdadero impacto que estos tienen, pareciera que el hecho de escribir en español representara una desventaja para tener un índice de impacto apegado a la realidad.

Conclusiones

Encontramos una correspondencia entre los resultados de Toerner y Arzaello en cuanto a las revistas más importantes en matemática educativa y las revistas con más número publicaciones de artículos referentes a temáticas del cálculo. Lo que abona a la importancia de la accesibilidad de las revistas como un punto clave para su impacto y relevancia.

El estudio permitió mostrar una tendencia a la alza en investigaciones acerca de temáticas inherentes al cálculo y se puede observar la tendencia de los paradigmas cognitivos en el área, aún y cuando no se contemplan las investigaciones que están en español y que también son un importante referente en las problemáticas de la enseñanza y aprendizaje del cálculo. El cálculo sigue siendo una temática viva en la matemática educativa internacional hasta el mes de septiembre del 2014 ya se tiene reporte de 75 artículos.

Además se puede ver la presencia de la matemática educativa en otras áreas de conocimiento en las cuales el cálculo tiene un papel importante para su desarrollo, tal es el caso de la matemática misma, la ingeniería, la física, la computación y la astronomía.

Referencias

- Artigue, M. (1998). Enseñanza y aprendizaje del análisis elemental: ¿qué se puede aprender de las investigaciones didácticas y los cambios curriculares? *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 1(1), 40-55.
- Artigue, M. (2003). ¿ Qué Se Puede Aprender de la Investigación Educativa en el Nivel Universitario?. *Boletín de la Asociación Matemática venezolana*, 10(2), 117-134.
- Boeris, C. E. (2011). Las fuentes de datos en los estudios bibliométricos. En II Jornada de Intercambio y Reflexión acerca de la Investigación en Bibliotecología.
- de Arenas, J. L., & Santillán-Rivero, E. G. (2002). Bibliometría ¿para qué?. *Biblioteca Universitaria, Nueva Época*, 5(1), 3-10.
- Houston, K., Galbraith, P., Kaiser, G., Blum, W., Booker, G., Huntley, I. D., ... & Niss, M. (2012). Grading Mathematics Education Research Journals. *Mathematical Society*, 52.