

## **MODELIZACIÓN EN CIENCIAS NATURALES: UNA REVISIÓN BIBLIOMÉTRICA EN EL PERIODO 2008 -2018**

Karen Liseth Rodríguez salamanca  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
[kalrodriguez@correo.udistrital.edu.co](mailto:kalrodriguez@correo.udistrital.edu.co)

Nelcy Susana Abella Peña  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
[nsabellap@correo.udistrital.edu.co](mailto:nsabellap@correo.udistrital.edu.co)

Álvaro García Martínez  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
[alvaro.garcia@udistrital.edu.co](mailto:alvaro.garcia@udistrital.edu.co)

**Línea temática:** Aprendizaje, Modelización y Argumentación en la enseñanza de las ciencias

**Modalidad:** 2

### **Resumen**

Se realiza una revisión bibliométrica sobre la modelización en ciencias naturales de 2008 a 2018, para identificar aspectos relevantes de esta línea, como, autores relevantes, principales enfoques investigativos y metodologías usadas. La revisión se estructuró como una investigación mixta; en la búsqueda de los artículos se utilizaron las bases de datos: Scopus, Web of Science, Eric y el meta-buscador Google scholar, los términos de búsqueda fueron seleccionados del tesauro de la UNESCO. Se analizaron 70 artículos, encontrando que el concepto de modelización varía según el autor. Además se reconocieron diferentes enfoques desde los cuales, comúnmente se ha abordado esta línea, tales como, su uso como una herramienta de enseñanza. Así mismo, se evidenciaron sub-líneas poco trabajadas, como, la modelización en ciencias naturales mediante el uso de TIC con relación a las Necesidades Educativas Especiales (NEEs).

### **Palabras clave**

Modelización, enseñanza de las ciencias naturales, bibliometría, didáctica de las ciencias.

### **Objetivos**

- Recopilar la producción científica disponible en las bases de datos Scopus, web of science, ERIC y el meta-buscador Google scholar para los últimos once años (2008 a 2018) referente a modelización en ciencias naturales..
- Describir las características que presentan estas producciones científicas según las categorías de análisis establecidas.

- Analizar las tendencias que se observan en las producciones científicas según las categorías establecidas

## **Marco Teórico**

La bibliometría puede ser definida como:

- Un campo de investigación que surge como el resultado de la unión entre la bibliotecología y la estadística, expresado de otra forma es posible definirla como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos al análisis de textos o formas de comunicación escrita (Miguel & Dimitri, 2013).
- La ciencia métrica de la bibliografía (Nuria & Pérez, 2002).
- La aplicación de métodos matemáticos a libros o medios de comunicación (Gorbea, 2016).
- Una herramienta metodológica empleada para cuantificar diferentes aspectos de las publicaciones producidas por científicos (Nuria & Pérez, 2002)

Para la realización de un análisis bibliométrico es necesario la aplicación de métodos matemáticos o herramientas que permitan cuantificar las producciones científicas realizadas en torno a un aspecto o línea de investigación, otro punto clave en la construcción de análisis bibliométricos es establecer de forma previa cuáles son los aspectos, variables y/o tendencias que se pretenden evaluar de igual forma, así como los objetivos con los cuales se realiza el análisis y la tipología de los documentos que se quieren analizar (Nuria & Pérez, 2002).

Dentro de los objetivos que persiguen los análisis bibliométricos está la identificación de los agentes más capacitados en términos de producción científica y los sectores o tópicos que requieren mayor inversión de recursos o mayor investigación. (Torres & Jiménez, 2012), también pueden ser empleados como asesores de políticas científicas, esto ha sido reconocido en muchos países de Europa como por ejemplo Holanda, así mismo contribuyen a identificar las áreas en las cuales se debe profundizar al realizar investigación en las diferentes líneas o grupos de investigación.

Un ejemplo de lo anteriormente mencionado fue el análisis bibliométrico realizado por Louca & Zacharia (2012), en el cual se identificó que es viable y necesario incluir el aprendizaje basado en modelos (ABM) desde diferentes enfoques, los cuales abarquen diversos niveles de enseñanza, por otra parte se hace evidente que ABM requiere una participación activa en el diseño, construcción, coordinación y orientación por parte del docente, reconociendo que existen vacíos en la producción literaria para guiar a los docentes en cómo aplicar estas estrategias o los factores a tener en cuenta durante su aplicación, dando así una posible guía para la realización de nuevas investigaciones en modelización.

Por otro lado el proceso de modelización es vital para la formación científica de los estudiantes, la modelización puede ser definida a groso modo como el proceso de crear representaciones, puesto que es una forma de modelización que se encuentra presente en la vida cotidiana de todas las personas, todo el tiempo generamos representaciones sobre múltiples conceptos, ya sea de forma consciente o subconsciente, otra forma de modelización es la construcción de un modelo exterior, esta depende de la capacidad de los estudiantes para traducir sus representaciones mentales, para ello el estudiante requiere de una habilidad conocida como fluidez de representación, así mismo la modelización permite desarrollar habilidades como la resolución de

problemas, la argumentación y la comprensión conceptual (Ortega, Sanchez, & Magana, 2018)

## Metodología

El presente trabajo se clasifica como una investigación mixta debido a que a partir de la recolección de datos mediante el uso de instrumentos, se facilita la categorización de los documentos revisados haciendo uso del programa Excel, siendo estos aspectos pertenecientes al campo cuantitativo para posteriormente ser analizados de forma cualitativa. Para la realización de este trabajo se establecieron 5 fases las cuales fueron abordadas de forma consecutiva tal y como se muestra en la figura 1.

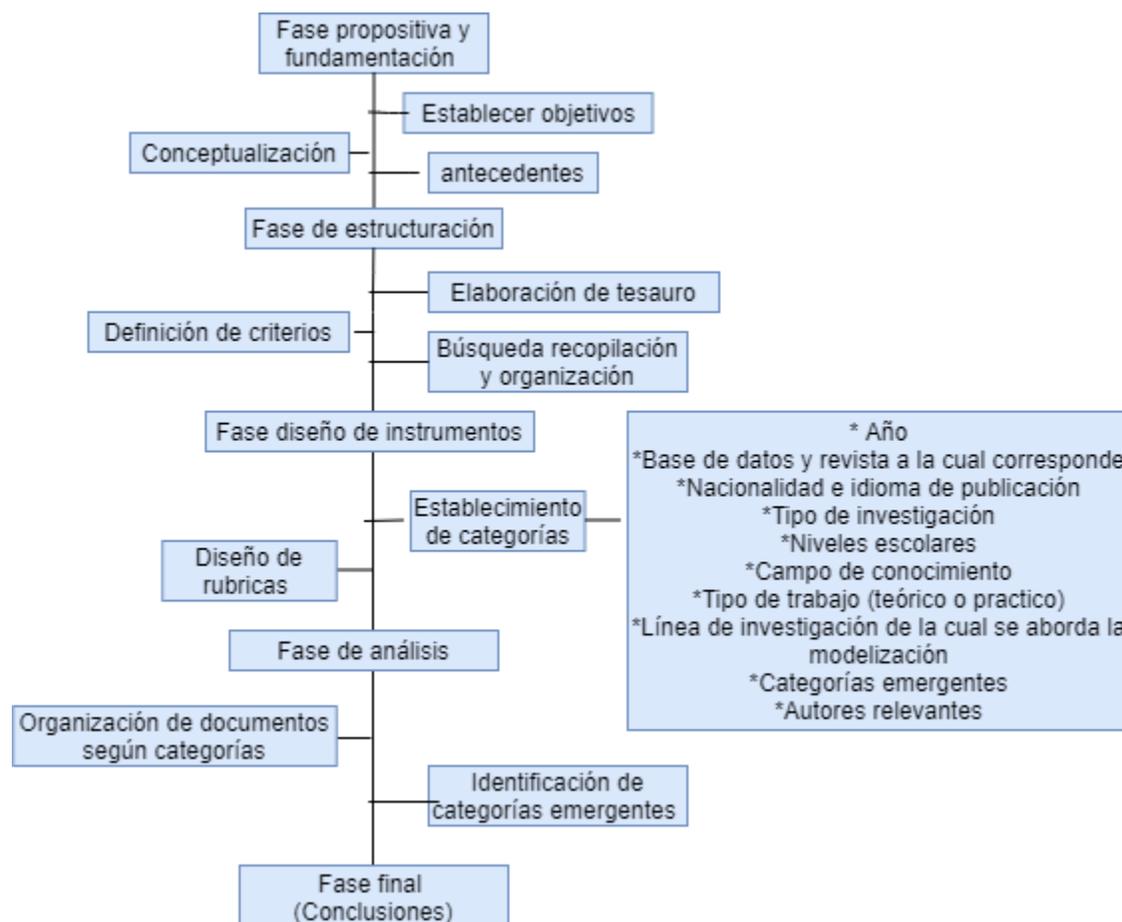


Figura 1. Diagrama de metodología. Elaborado por el autor

## Resultados

Se realizó el análisis de 70 artículos los cuales fueron el resultado de un proceso de depuración a partir de 211 artículos, los cuales fueron recopilados inicialmente. Para la realización de dicho proceso, se excluyeron aquellos artículos que se encontraban repetidos entre diferentes bases de datos, así como los que se abordaban la modelización desde un campo diferente a la enseñanza de las ciencias. Estos artículos fueron clasificados para su análisis según las categorías mencionadas en la metodología.

Se identificó que Estados Unidos es el país con mayor número de publicaciones en esta línea de investigación (ver figura 2), esto puede atribuirse a la implementación de diferentes programas o políticas educativas como es el caso de los currículos STEM, los cuales tienen como objetivo general la formación de estudiantes para ingeniería y ciencia, de forma similar a los currículos K-6 y K-12 (Tobin, Lacy, Crissman, y Haddad, 2018)

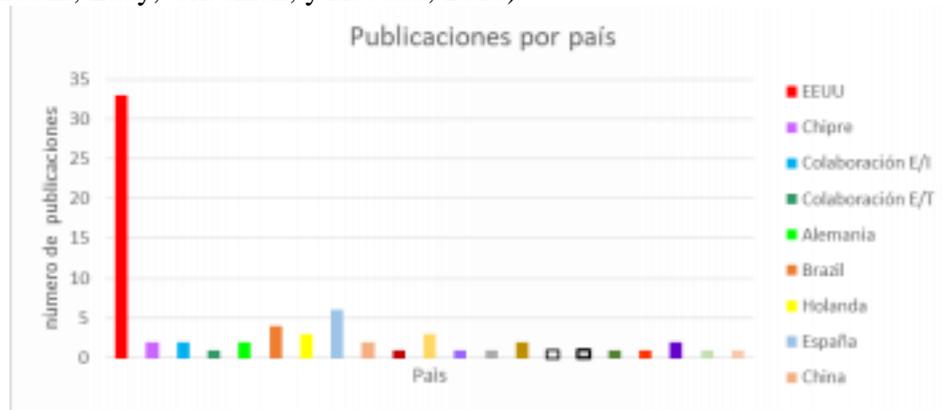


Figura 2. Número de publicaciones por país.

Por otro lado, se observó la mayoría de los artículos publicados en el año 2013 fueron de carácter teórico, tendencia constante en los años siguientes con excepción del 2017, esta inclinación permite identificar una necesidad por reforzar los referentes teóricos de este campo de investigación, pero también puede deberse a un cambio en la perspectiva de los docentes frente a la modelización. En concordancia con lo anterior Schwarz (2009) plantea que: “Muchos docentes limitan esta práctica a los modelos de carácter ilustrativo”, lo cual permite dar cuenta de una concepción de la modelización limitada a ser una análoga de la representación y una visión por parte del docente en la cual la modelización se enmarca en la construcción de modelos físicos o concretos.

En cuanto a los niveles escolares, los artículos clasificados en la categoría de formación docente están dirigidos a docentes pre-service o docentes que se encuentran en los primeros años de ejercicio, esto se debe a que en esta etapa muchos docentes presentan una tendencia a emplear los modelos de forma ilustrativa, también manifiestan que asumir la enseñanza de las ciencias naturales mediante auténticas prácticas científicas les representa un auténtico desafío (Schwarz, 2009)

Por otro lado se encontró que la mayoría de los artículos corresponden al campo de la química, esto guarda relación con el nivel de abstracción propio de la disciplina, lo cual contribuye a que los estudiantes tengan la percepción de esta, como una asignatura con alto grado de dificultad, siendo la modelización una estrategia ampliamente usada para ayudar a que los estudiantes puedan generar un cambio conceptual (Halloun, 2007). También se estableció que tanto la química, como la física son campos de conocimiento donde las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han tenido gran auge, ejemplo de ello son softwares como ChemSketch y Spartan (Aksela y Lundell, 2008)

Adicionalmente, la mayoría de artículos reportaron la aplicación de las estrategias didácticas de forma grupal, esto evidencia que se está llevando al aula de clase, una visión de ciencia en la cual, los científicos no trabajan de forma aislada sino en colaboración de otros, formando comunidades

científicas. Adicionalmente varios autores han reportado que el trabajo grupal permite un mejor aprendizaje debido al aprendizaje colaborativo (Bierema, Schwarz, y Stoltzfus, 2017).

Así mismo se identificó que la modelización mediante TIC ha sido abordada como una auténtica práctica científica, dejando en evidencia que el aprendizaje a través este enfoque proporciona a los estudiantes mayor claridad para la comprensión de los temas; en especial respecto a aquellos fenómenos que se encuentran relacionados con el micro mundo, también les permite hacer de forma más sencilla transiciones entre el lenguaje simbólico, fórmulas y dibujos (Louca et al. 2011). Sin embargo es necesario aclarar que sin importar el enfoque desde el cual se desee abordar la modelización, es posible afirmar que una estrategia ha sido exitosa cuando el estudiante realiza un ciclo positivo de modelización. Es decir cuando el estudiante construye un modelo y lo somete a prueba aunque sea mediante un experimento mental, y genera un modelo estructurado, el cual es capaz de describir y explicar, de lo contrario, puede identificarse que el modelo generado por el modelador se encuentra muy distante del objetivo planteado por el docente (Wang, Chi, Hu, y Chen, 2014).

Adicionalmente se identificó que la mayoría de artículos ubicados en las categorías de la modelización como una herramienta de enseñanza y el abordaje de la modelización desde las TIC (ver figura 3) abordan la enseñanza de las ciencias naturales como auténticas prácticas científicas, confiriendo a estas formas de modelización un papel importante. Así mismo se evidencia en los diferentes artículos interés por conocer cómo el estudiante desarrolla el aprendizaje mediante la construcción de modelos desde el punto de vista cognitivo y la comprensión conceptual (Louca et al., 2011).



Figura 3. Líneas desde las cuales se aborda la modelización

La modelización puede ser considerada como un complemento de la argumentación, ya que cuando el estudiante construye un modelo y lo explica ante un público, tratando de demostrar porque su modelo tiene validez, realiza una construcción argumentativa (Passmore y Svoboda, 2012). Así mismo Passmore y Svoboda (2012) afirman que la modelización permite transformar el discurso de los estudiantes, sin importar la naturaleza del modelo construido. Dentro de las categorías emergentes, se identificó el enfoque de modelado bifocal hace referencia al trabajo en el cual se construye un modelo concreto mediante la observación o interacción directa con el fenómeno que se desea investigar,

ejemplo la realización de la práctica de laboratorio y construcción de un modelo explicativo (Blikstein, Fuhrmann, y Salehi, 2016). Adicionalmente se observa que en algunos artículos se usan los modelos matemáticos, como recurso para la comprensión de fenómenos y la posterior construcción de modelos materiales más complejos.

En la categoría de modelización e inclusión, se observa que esta línea sólo es mencionada por un artículo, en los demás no se hace mención ni de forma explícita ni implícita, esto permite deducir que probablemente esta línea sea muy reciente y por tanto es necesario realizar mayores contribuciones para su abordaje.

Adicionalmente se ha identificado que la mayoría de las plataformas web o software para modelado resultan ser muy excluyentes especialmente para las personas con discapacidad visual; ya que muchos de ellos usan teclados para la navegación o iconos muy pequeños, tampoco tienen lectores de texto que puedan contribuir a minimizar estas dificultades lo cual restringe la población que puede usarlos. En este sentido el proyecto PHET (simuladores educativos) resulta innovador puesto que presenta plataformas interactivas, las cuales mediante el uso de SIMs, pueden ayudar a hacer más accesibles este tipo de herramientas, sin embargo aún no ha sido implementada en aula de clase por lo cual no es posible hacer referencia a su eficacia (Moore, 2016).

Finalmente identificar los autores más relevantes es muy importante, pues permite tener una guía respecto a cuáles son los autores a los que se suele recurrir según el enfoque desde el cual se esté abordando la modelización. Es necesario aclarar que para esta clasificación se tomaron en cuenta los autores que fueron citados por cada uno de los autores de los artículos, razón por la cual los autores se clasificaron según la línea de investigación desde la cual estaba trabajando el artículo en el cual fueron citados tal y como se muestran en la tabla 1.

Línea de modelización	Autor	Número de citas
Modelización temprana	Richard Leiser, Leona Scharable	51
	Leiser, R.	5
	Develski, M.	9
Modelización y Epistemología	Hestenes	26
	Kaponen, I.	10
	Gier, RN	22
	Erduran, S., y Duschl, RA	9
	Bask, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokryen, H., y Zhan, L.	17
	Krell, M.	3
Modelización y TICs	Barnett, M., Basch, SA, y Hay	3
	Kaberman, Z., y Don, YJ	6
	Figg, R., y Hartmann	2
Argumentación y modelización	Gilbert, J. C. Boulter y Rutherford M	33
	Louca, LT, y ZC Zacharia	23
	Gilbert, J y C. Boulter	21
	Paula Cristina Cardoso Mendonça & Rosina Justi	13
	Harrison, AG	5
	Puig, B., y Amézcar Alejandro, MP	7
Metamodelado	Schwarz, C.	70
	Gilbert, J.K	31
	Schwarz, C y Black P	31
	Kerryon, L., Schwarz, C., & Hug, B.	6

	Neresian, N	17
	Vosniadou	5
Modelización y cambio conceptual	Schwarz, CV, Reiser, BJ, Davis, EA, Kenyon, L., Acher, A, Forgas, D., Stewart, Y, Hag, B., y Krajcik, J	18
	Hollan LA, Hestenes D	2
	Ingham AM, Gilbert JK	3
	Acher, A., M. Arca, y N. Samarti	8
Modelización y modelos materiales		
Modelización y modelos mentales	Duit, F., y Glynn, S.	3
Enfoque multimodal	Coll, F.; Treagust,	2
	Carolyn J. Boulter	5
	Zacharia ZC, Constantinou CP	2
Modelización y Analogías	Casasús, A.	1
	Inquisido, M. y Adán Berro, A.	3
	Coll, R.K., France, B. y Taylor, I.	3

Tabla 1. Matriz para la clasificación de autores relevantes

También es necesario aclarar que las categorías manejadas por muchos artículos son diferentes a las establecidas en el presente trabajo, razón por la cual algunas categorías se combinaron; por ejemplo la categoría de aprendizaje basado en modelos se empleó para agrupar diferentes artículos. Del mismo modo, es pertinente mencionar que dado a que este trabajo centra su eje en la modelización en ciencias, se descartaron aquellos autores que no corresponden a esta línea de investigación.

## Conclusiones

El uso de la modelización para la enseñanza de las ciencias naturales es relevante, sin importar desde qué enfoque se realice su abordaje, puesto que permite a los estudiantes lograr una mayor comprensión de las temáticas trabajadas en clase, gran agilidad para la construcción y modificación de sus modelos mentales y mejorar habilidades cognitivas lingüísticas como la argumentación.

Es muy importante trabajar la habilidad de modelización desde edades tempranas, ya que esto hace posible, que cuando los estudiantes cursen asignaturas que requieran un alto nivel de abstracción, como por ejemplo la física, la química e incluso algunas temáticas enmarcadas dentro de la biología, puedan comprender los modelos presentados con mayor facilidad y construir modelos más complejos.

Aksela y Lundell (2008) afirman que solo el 2,5% de los docentes son innovadores en el aula de clase y solo el 13,5% de los docentes son pioneros en aplicar estrategias de otros autores, el presente trabajo identifica la necesidad de innovar respecto a las formas en las cuales la modelización es llevada al aula, es importante recordar que el aula de clase es un laboratorio didáctico y que los docentes son investigadores y no solo observadores. En este sentido los docentes deben apropiarse de este rol y motivarse a desarrollar innovaciones en el aula de clase, ya sea desde la creación de nuevas estrategias para la enseñanza de las ciencias o la reformulación de los currículos desde los cuales se enseñan algunos campos de las ciencias naturales.

## Bibliografía

Aksela M. y Lundell J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers

- experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(4), 301–308.  
<https://doi.org/10.1039/b818464j>
- Bierema A., Schwarz C. y Stoltzfus J. (2017) Engaging undergraduate biology students in scientific modeling: Analysis of group interactions, sense-making, and justification. *CBE Life Sciences Education*, 16(4) 1–16. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-01-0023>
- Blikstein P., Fuhrmann T. y Salehi S. (2016) Using the Bifocal Modeling Framework to Resolve “Discrepant Events” Between Physical Experiments and Virtual Models in Biology. *Journal of Science Education and Technology*. 25(4), 513–526.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-016-9623-7>
- Bucher S. (2018) Bibliometric analysis of Central European journals in the Web of Science and JCR Social Science Edition. *Malaysian Journal of Library and Information Science*, 23(2), 95–110 <https://doi.org/10.22452/mjlis.vol23no2.6>
- Gorbea S. (2016) Una nueva perspectiva teórica de la bibliometría basada en su dimensión histórica y sus referentes temporales. *Investigación Bibliotecológica*. 30(70), 11–16  
<https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.10.001>
- Halloun I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science and Education*. 16° 653-697.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3>
- Heijnes D., Van Joolingen W. y Leenaars F (2018). Stimulating Scientific Reasoning with Drawing-Based Modeling. *Journal of Science Education and Technology*, 27(1), 45–56  
<https://doi.org/10.1007/s10956-017-9707-z>
- Krell M., Upmeier zu Belzen A. y Krüger D. (2014). Students’ Levels of Understanding Models and Modelling in Biology: Global or Aspect-Dependent?. *Research in Science Education*. 44(1), 109–132.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-013-9365-y>
- Lehrer R. y Schauble L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*. 96(4), 701–724.  
<https://doi.org/10.1002/sce.20475>
- Louca L. y Zacharias Z. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*. 64(4), 471–492. <https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>
- Machado J. y Braga M. (2018). Secondary students’ modelling conceptualisation in situations related to particle dynamics: a clinical perspective. *International Journal of Science Education*. 40(13), 1606–1628.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1494394>
- Maia P. y Justi R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*. 31(5), 603–630.  
<https://doi.org/10.1080/09500690802538045>
- Miguel S. y Dimitri P. (2013). La investigación en bibliometría en la argentina: ¿Quiénes son y qué producen los autores argentinos que realizan estudios bibliométricos?. *Información, Cultura y Sociedad*. 29(29), 117–138.

<https://doi.org/154526854123456>

Moore E. (2016). ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning: Accessibility for PhET Interactive Simulations - Progress, Challenges, and Potential. *Journal of Chemical Education*. 93(6), 1160–1161.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00772>

Ortega J., Sánchez W. y Magana A. (2018). Exploring Undergraduate Students' Computational Modeling Abilities and Conceptual Understanding of Electric Circuits. *IEEE Transactions on Education*. 61(3), 204–213.

<https://doi.org/10.1109/TE.2018.2822245>

Passmore C. y Svoboda J. (2012). Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. *International Journal of Science Education*. 34(10), 1535–1554.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2011.577842>

Rodríguez J. (2014). Paradigmas, enfoques y métodos en la investigación educativa, *Investigación Educativa*. 7, 23–40 Retrieved from

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/8177>

Ryu S., Han Y. y Paik S. (2015). Understanding Co-development of Conceptual and Epistemic Understanding through Modeling Practices with Mobile Internet. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2–3), 330–355.

<https://doi.org/10.1007/s10956-014-9545-1>

Schuster A., Puente M., Andrada O. y Maiza M. (2013). La Metodología cualitativa Herramienta para investigar los fenómenos que ocurren en el aula. *La investigación educativa. Revista Electrónica Iberoamericana de Educación En Ciencias y Tecnología*. 4, 109–139.

<http://www.exactas.unca.edu.ar/riecyt/VOL%204%20NUM%202/TEXTO%207.pdf>

Schwarz C. (2009). Elementary Teachers' Knowledge and Practices Through Modeling-Centered Scientific Inquiry. *science education*. 93 (4), 720–744.

<https://doi.org/10.1002/sce.20324>

Svoboda J. y Passmore C. (2013). The Strategies of Modeling in Biology Education. *Science and Education*. 22(1), 119–142. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9425-5>

Tobin R., Lacy S., Crissman S. y Haddad N. (2018). Model-based reasoning about energy: A fourth-grade case study. *Journal of Research in Science Teaching*. 55(8), 1134–1161.

<https://doi.org/10.1002/tea.21445>

Wang Z., Chi S., Hu K. y Chen W. (2014). Chemistry Teachers' Knowledge and Application of Models. *Journal of Science Education and Technology*. 23(2), 211–226.

<https://doi.org/10.1007/s10956-013-9455-7>