

**Enseñanza y aprendizaje de la biología celular a nivel escolar: un análisis de contenido desde la complejidad**

**Ensino e aprendizagem de biologia celular na escola: uma análise de conteúdo a partir da complexidade**

**Teaching and learning of cellular biology at the school level: an analysis of content from complexity**

Claudia Andrea Chamorro-Llanca<sup>1</sup>

**Resumen**

Frente a las dificultades que presentan los estudiantes de educación básica y media en el aprendizaje de la Biología Celular, y la necesidad de mejorar su enseñanza a fin de que este aprendizaje propenda a ser significativo, el presente estudio tiene como objetivo analizar, desde la Complejidad, las investigaciones en didáctica de la Biología Celular a nivel escolar; para ello, se seleccionaron publicaciones comprendidas entre los años 2000-2021 presentes en 10 revistas iberoamericanas. Las que fueron sometidas a cuatro niveles de análisis. Los resultados revelaron que las investigaciones en Didáctica de la Biología Celular se enfocan, principalmente, en educación media, predominado la enseñanza de la célula eucarionte animal por sobre la enseñanza de la célula eucarionte vegetal. Respecto a los procesos fisiológicos, en la célula animal, predominan las investigaciones sobre genética y en la célula vegetal, las investigaciones sobre el proceso de fotosíntesis. Finalmente, aquellas investigaciones cuyos objetivos apuntan a mayores niveles de destrezas cognitivas, clasificados en la taxonomía de Bloom, ocurren cuando la postura epistemológica desde la que docentes y estudiantes conceptualizan, es compleja, sistémica y cognitivista.

**Palabras clave:** Didáctica de las Ciencias, Análisis de Contenido, Biología Celular, Fotosíntesis, Genética, Complejidad.

**Resumo**

Diante das dificuldades que os alunos do ensino fundamental e médio apresentam em aprender Biologia Celular, e a necessidade de aprimorar seu ensino para que esse aprendizado tenda a ser significativo, o presente estudo visa analisar, a partir da Complejidade, a pesquisa em didática da Biologia Celular na o nível escolar; para isso,

---

<sup>1</sup>Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile. Email: claudia.chamorro@alumnos.upla.cl



foram selecionadas publicações entre os anos 2000-2021 presentes em 10 periódicos ibero-americanos. Aqueles que foram submetidos a quatro níveis de análise. Os resultados revelaram que a pesquisa em Didática da Biologia Celular concentra-se principalmente no ensino médio, prevalecendo o ensino da célula animal eucariótica sobre o ensino da célula vegetal eucariótica. Em relação aos processos fisiológicos, na célula animal predominam as pesquisas sobre genética e na célula vegetal, as pesquisas sobre o processo de fotossíntese. Finalmente, aquelas investigações cujos objetivos apontam para níveis mais elevados de habilidades cognitivas, classificadas na taxonomia de Bloom, ocorrem quando a posição epistemológica a partir da qual professores e alunos conceituam é complexa, sistêmica e cognitivista.

**Palavras-chave:** Didática das Ciências, Análise de Conteúdo, Biologia Celular, Fotossíntese, Genética, Complexidade

### Abstract

Faced with the difficulties that basic and secondary education students present in learning Cell Biology, and the need to improve their teaching so that this learning tends to be meaningful, the present study aims to analyze, from the Complexity, research in the teaching of Cell Biology at the school level; For this, publications between the years 2000-2021 present in 10 Ibero-American journals were selected. Those that were subjected to four levels of analysis. The results revealed that research in Didactics of Cell Biology focuses mainly on secondary education, with the teaching of the eukaryotic animal cell prevailing over the teaching of the eukaryotic plant cell. Regarding the physiological processes, in the animal cell, research on genetics predominates and in the plant cell, research on the photosynthesis process. Finally, those investigations whose objectives point to higher levels of cognitive skills, classified in Bloom's taxonomy, occur when the epistemological position from which teachers and students conceptualize is complex, systemic and cognitivist.

**Keywords:** Science Didactics, Content Analysis, Cellular Biology, Photosynthesis, Genetics, Complexity.

### Introducción

En la enseñanza de las Ciencias, docentes y estudiantes se ven enfrentados a abstracciones de la realidad, difíciles de conceptualizar (Yanes, 2016). Un ejemplo de ello es el concepto de célula, como entidad biológica.



La célula, es una entidad física, real, pero que opera en la mente de los alumnos como un ente abstracto, construida desde el discurso, por lo cual la concepción del modelo científico requiere la construcción de modelos mentales (Rodríguez-Palmero & Moreira, 1999). Al ser un concepto estructurante, es el anclaje de nuevos conocimientos, reestructurando los conocimientos previos. *"Es un concepto que, en su construcción, modifica el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformando, incluso, los conocimientos anteriores"* (Gagliardi, 1986, pág. 31). Se trata de un concepto recurrente en el currículo de Ciencias, en el nivel escolar de nuestro país. Cabría suponer, entonces, que el concepto logra ser aprendido por los estudiantes, sin embargo, es difícil de enseñar y aprender (Sepúlveda, 2017), principalmente porque se enseña de forma disociada, sin ser articulado en una visión integral (Flores, 2000).

La investigación educativa se ha encontrado obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje: la enseñanza de la célula desde una visión antropocéntrica y los textos escolares utilizados como material de apoyo, que no presentan una contextualización en el contenido de la célula, ni se problematizan fenómenos relacionados con ella (Mengascini, 2006). Además, la utilización de tecnicismos que carecen de sinónimos en el lenguaje coloquial no permite a los estudiantes analizar, discutir y generen explicaciones, dificultando el desarrollo del pensamiento científico (Medina & Quiroz, 2017).

Este trabajo se enmarca en el paradigma de la Complejidad, ya que, por un lado, el aprendizaje se relaciona con el contexto socio-histórico-cultural, donde variables como la formación docente, concepciones de docentes y estudiantes, procesos neuromadurativos, integración de conocimientos, habilidades, actitudes, recursos didácticos empleados y por otro, con la transferencia de lo aprendido en el entorno educativo, medioambiental y social al ámbito de la vida, lo que en su conjunto, ejercen efecto en el individuo que aprende.

## Metodología

Esta investigación corresponde a un estudio con enfoque mixto, en el que se integran datos cuantitativos y cualitativos (Hernández Sampieri, 2014). Consiste en un análisis de contenido, técnica de análisis e interpretación de textos que, leídos e interpretados adecuadamente, nos abren las puertas al conocimiento de diversos aspectos y fenómenos de la vida social (Andréu, 2001). Para ello se escogieron publicaciones sobre la enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular comprendidas entre los años 2000 al 2021 provenientes de 10 revistas especializadas en Didáctica de las Ciencias y de la Biología, utilizando las siguientes palabras claves: ser vivo, célula, fotosíntesis, biología celular, didáctica de las ciencias.



Posteriormente, el material recopilado fue seleccionado y clasificado acorde a los contenidos curriculares de Ciencias Naturales y Biología (MINEDUC, 2015). 183 publicaciones fueron sometidas a análisis, siguiendo la metodología descrita por Rodríguez-Palmero (2000), con modificaciones. Los niveles de análisis fueron los siguientes:

Nivel 1: Caracterización de las publicaciones

Nivel 2: Dimensiones y categorías emergentes

Nivel 3: Análisis de contenido

Nivel 4: Identificación de aportes al aprendizaje significativo.

Para obtener las unidades de análisis en los 4 niveles, cada publicación fue desglosada por objetivos, metodología, paradigma epistemológico, resultados/conclusiones importantes y jerarquía cognitiva alcanzada.

## Resultados

### Nivel 1: Caracterización de las publicaciones

La procedencia de las publicaciones y sus porcentajes de aporte se presentan en el siguiente cuadro:



Gráfico 1: Publicaciones seleccionadas por país.

Los países con mayor cantidad de publicaciones son: Brasil, Colombia, España y Argentina. La situación en Chile con respecto a la investigación didáctica de la Biología Celular ha ido en un crecimiento sostenido. Entre la década 2010-2020, la mayor parte de la



investigación didáctica de la Biología estuvo en el ámbito de la Ecología, sin embargo, en contenidos asociados a la comprensión de la célula como unidad de vida, se encuentran en orden decreciente, las investigaciones sobre Genética, Biología Celular, Molecular, Microbiología, Fotosíntesis y Biotecnología, contenidos presentes en el currículum de Biología y que representan mayor dificultad en la enseñanza y aprendizaje. Cabe señalar que la investigación en didáctica de la Biología celular en Chile, fue de 2 y 3 publicaciones en las revistas EUREKA y Enseñanza de las Ciencias, respectivamente (Cofré, 2020). A la fecha no se han registrado investigaciones basadas en análisis de contenido de publicaciones sobre didáctica de la biología celular. Una investigación de características similares, fue realizada por Rodríguez-Palmero, en la que se analizaron 49 publicaciones comprendidas entre los años 1990-2010, cuyo objetivo fue determinar los modelos mentales de célula presente en estudiantes de cursos de orientación universitaria (COU).

Respecto al número de artículos por nivel educativo, se representan en el siguiente gráfico:

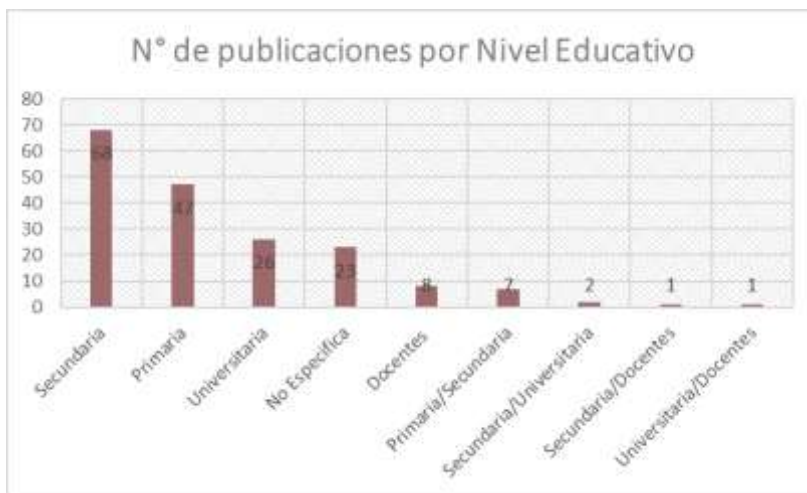


Gráfico 2: Publicaciones por niveles educativos

Los artículos de los niveles de primaria y secundaria se agrupan en 3 temas: Conceptualización, Análisis de textos escolares y Biología como disciplina escolar.

## Nivel 2: Categorías emergentes

La clasificación del material bibliográfico en categorías emergentes se realizó posterior a la lectura de los resúmenes de cada artículo, considerando los objetivos de aprendizaje enunciados en el currículum de Ciencias y Biología, razón por las que surgen desde el levantamiento de referenciales significativos provenientes de la propia indagación (Cisterna, 2005, pp. 64; Elliot, 2005).



Se obtuvieron las siguientes dimensiones, categorías y subcategorías:

Tabla 1: Dimensiones, categorías y subcategorías de clasificación de las publicaciones.

<b>Árbol de Categorías: Enseñanza de la Biología Celular</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Categorías</b>	<b>Subcategorías</b>
Conceptualización de ser vivo	---	---
Niveles de organización biológica	---	---
Célula Procarionte	---	---
Formación del profesorado	---	---
Didáctica	Material didáctico	---
	Modelización	
	Aportes varios	
	Conceptualización de célula	
	Estrategias pedagógicas	
Célula Eucarionte	Célula Animal	División celular
		Síntesis de proteínas
		Genética
	Célula Vegetal	Fotosíntesis
		Modelización de procesos fisiológicos



El siguiente gráfico representa los porcentajes de publicaciones por dimensión:

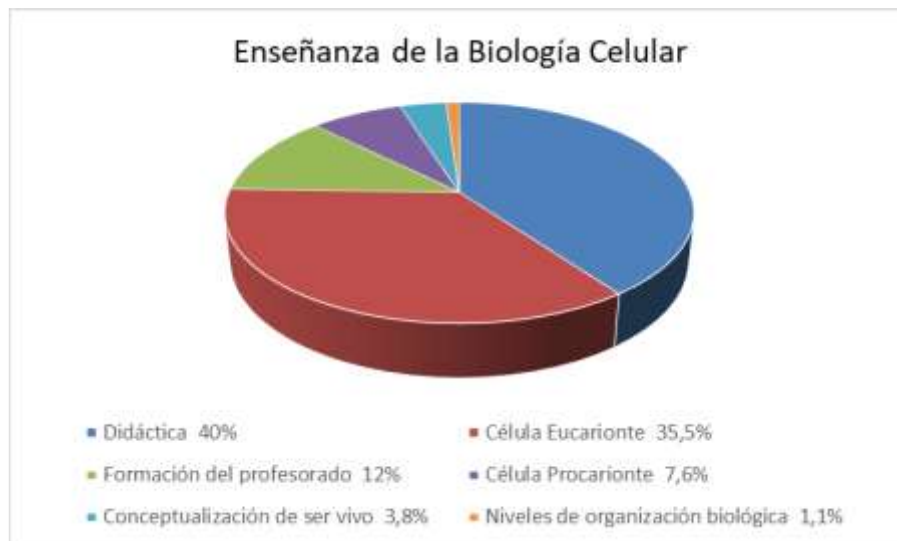


Gráfico 3: Porcentaje de publicaciones por dimensiones.

A su vez, cada dimensión/categoría presenta los siguientes porcentajes:

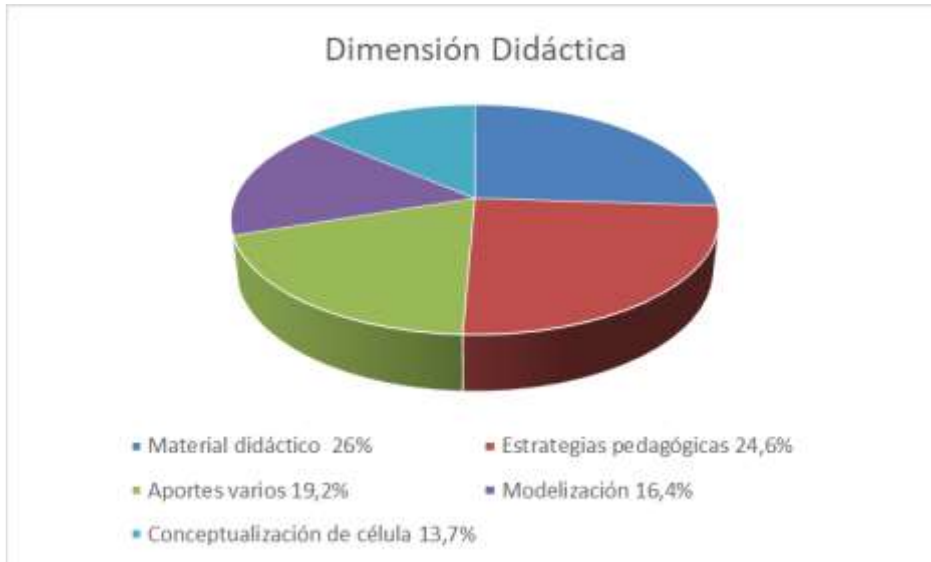


Gráfico 4: Porcentajes de publicaciones por categoría.

Las investigaciones sobre didáctica de la Biología Celular se concentran en: material didáctico, estrategias pedagógicas y aportes varios. Se desprende que la visión investigativa sobre la Didáctica en los últimos 21 años está centrada en las estrategias empleadas por los docentes en la enseñanza del contenido y en la utilización del material didáctico que facilite el aprendizaje de los estudiantes. Por otra parte, se observa una importante presencia de publicaciones de distintas disciplinas que tributan a aspectos didácticos, evidenciándose el creciente interés de caracterizar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En Célula Eucarionte, las categorías y respectivos porcentajes se indican en el siguiente gráfico:



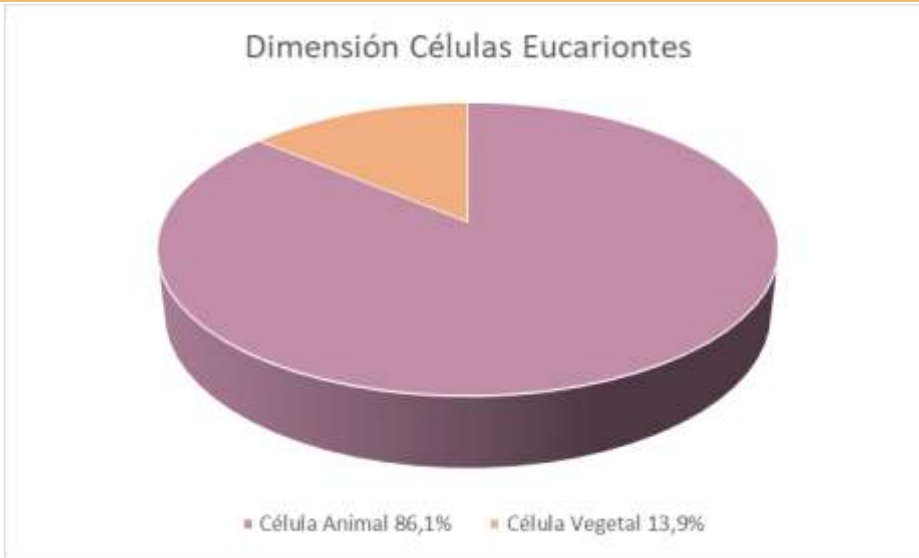


Gráfico 5: Porcentajes por categorías.

Se observa la predominancia de la enseñanza de la célula animal, que representan el 86,1% de investigaciones vinculadas a la enseñanza de la Biología Celular, destacando la enseñanza de la genética, por sobre síntesis de proteínas y división celular. Por otra parte, célula vegetal representa sólo el 13,9% con temas como fotosíntesis y modelización de procesos fisiológicos.

Respecto a las publicaciones en la categoría Formación del profesorado, éstas se concentraron en los siguientes aspectos:



Gráfico 6: Porcentajes en la categoría Formación del profesorado



Las categorías: Conceptualización de ser vivo y Niveles de organización Biológica se centraron en la conceptualización de propiedades emergentes y ser vivo, mientras que en Célula Procarionte se trataron de prácticos de Microbiología a nivel escolar.

### **Nivel 3: Análisis de contenido**

Se consideraron los objetos de estudio y las conclusiones de cada publicación. Respecto a los objetos de estudio, se tiene la siguiente caracterización:



Gráfico 7: N° de Publicaciones según tipos de objetos de estudio

Recursos didácticos y Modelos, representando el 48.7% del total de investigaciones analizadas. Conceptualización y Aspectos pedagógicos son objetos de estudio ampliamente investigados, sin embargo, los modelos y los recursos didácticos han presentado un rápido incremento, debido a que los recursos más utilizados son las TIC. En cuanto a los modelos, se han estudiado muchos tipos, tales como modelos de nutrición vegetal, modelos explicativos de la respiración vegetal y modelos concretos.

En el análisis de las conclusiones, 632 unidades de análisis que fueron clasificadas en las siguientes categorías: Orientaciones didácticas (OD), Obstáculos de aprendizaje (OA), Epistemológicas (E), Cognición (C) y Demostrativas (D). En el gráfico se observan los respectivos porcentajes:





Gráfico 8: Porcentajes por categoría.

La categoría de conclusiones Demostrativas representa el equivalente a 65 unidades, le sigue Obstáculos de aprendizaje con 104 unidades de análisis, Epistemológicas, con 134 unidades, Cognitivas, equivalente a 138 unidades de análisis y Orientaciones didácticas con 191 unidades de análisis.

#### Nivel 4: Jerarquía de destrezas cognitivas

A partir de los objetivos de cada publicación, se categorizaron según la Taxonomía de Bloom actualizada (como un parámetro de jerarquías de procesos cognitivos), obteniéndose los siguientes resultados:



Gráfico 9: Niveles cognitivos en Conceptualización de ser vivo

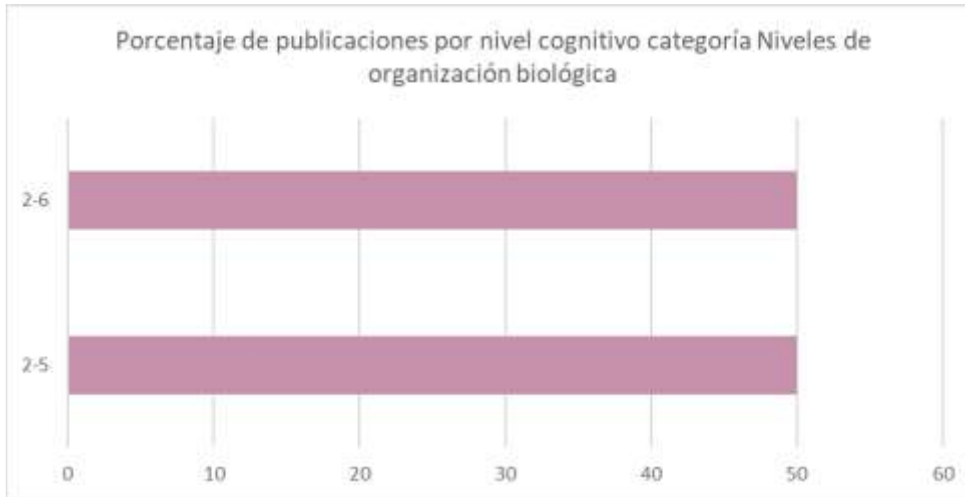


Gráfico 10: Niveles cognitivos en Niveles de organización biológica.



Gráfico 11: Niveles cognitivos en Células Procariontes.

En la caracterización epistemológica de las publicaciones, conceptualización de ser vivo y niveles de organización biológica, la perspectiva sistémica permite la comprensión de los seres vivos como sistemas abiertos. La complejidad favorece la conceptualización sobre la



organización de estos sistemas abiertos. Los aportes del constructivismo se relacionan con estudiantes activos y autónomos. En el aprendizaje de la microbiología, la perspectiva constructivista, favoreció el aprendizaje de los estudiantes ya que, al emular el quehacer científico, elaboran, hipotetizan, socializan, integran y comunican el conocimiento.

En la formación del profesorado, el pensamiento sistémico permite enseñar los sistemas biológicos desde una organización curricular modificada para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Cabe señalar que el cognitivismo (Johnson-Laird, 1983; Giere, 1988), en conjunto con la teoría de los campos conceptuales (Vergnaud, 1990), determinarán la construcción de significados cuyas relaciones establecidas de forma particular por los estudiantes, propenderán al aprendizaje significativo.

Finalmente, en el ámbito de la didáctica, el constructivismo y el cognitivismo permiten un diseño de enseñanza desafiante y adecuado al nivel de desarrollo cognoscitivo en cada nivel educativo.

## **Conclusiones**

Niveles de organización biológica es un contenido poco explorado en la didáctica de la Biología. Requiere una modalidad de pensamiento sistémico, pero que, desde el diseño curricular actual, se enseña en una secuencia lineal, forzada y que no representa la realidad de los seres vivos, llevando a la aparición de ideas erróneas que obstaculizan el aprendizaje. Se sugiere abordarlo a partir de relaciones morfofisiológicas, filogenéticas, materia-energía, ecosistémicas, inter e intraespecíficas, evolutivas.

Las estrategias didácticas que favorecen el aprendizaje significativo se relacionan con la problematización del contenido a enseñar y procesos de modelización.

En el aprendizaje de la Biología Celular, la principal dificultad en los estudiantes es no lograr representar la célula. El uso de simulaciones 3D y videojuegos, son recursos innovadores, que facilitan la elaboración de representaciones y modelos mentales.

Considerar los aportes de la investigación didáctica en cuanto al desarrollo cognitivo de nuestros estudiantes. Se requiere que, por parte de los docentes, exista una reflexión acerca de sus prácticas pedagógicas, al amparo de las investigaciones didácticas, así como también una actitud crítica acerca del material didáctico que se emplea en clases, ya que, podría obstaculizar el aprendizaje, en lugar de facilitararlo.



## Referencias

- Anderson, L., & Krathwohl, K. (2001). *Taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy or educational objectives*. New York: Longman.
- Andréu, J. (2001). Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.centrodeestudiosandaluces.es/publicaciones/tecnicas-de-analisis-de-contenido-una-revision-actualizada>
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoría*, 14(1), 61-71. Recuperado el Junio de 2022, de <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a6.pdf>
- Elliot, J. (2005). *La Investigación-acción en educación* (Quinta ed.). Madrid, España: Morata.
- Flores, F. T. (2000). Representación e Ideas Previas acerca de las Células en los Estudiantes de Bachillerato. (UNAM, Ed.)
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. , [en línea], 1986, Vol. 4, n.º 1, pp. 30-35, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view>. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas.*, 4(1), 30-35. Recuperado el 12 de Diciembre de 2021, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50857>
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hernández Sampieri, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación* (6º ed.). México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models: Towards a cognitive science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Medina, P., & Quiroz, W. (2017). Análisis Ontológico en textos escolares de Ciencias Naturales y Biología. *X Congreso Nacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Sevilla.
- Mengascini, A. (2006). Propuesta Didáctica y Dificultades para el Aprendizaje de la Organización Celular. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 485-495.



- MINEDUC. (2015). *Bases Curriculares 7°Básico a 2°Medio*. Santiago.
- Rodríguez-Palmero, M. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(3), 237-263. Recuperado el Junio de 2021
- Rodríguez-Palmero, M. L., & Moreira, M. A. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em ensino de ciências.*, 4(2), 121-160.
- Sepúlveda, S. (2017). Caracterización del contenido de célula en textos escolares de biología de enseñanza secundaria de Chile. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 1 (2), 29-52. Recuperado el julio de 2021
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170. Recuperado el Marzo de 2022, de [https://gerardvergnaud.files.wordpress.com/2021/09/gvergnaud\\_1990\\_theorie-champs-conceptuels\\_recherche-didactique-mathematiques-10-2-3.pdf](https://gerardvergnaud.files.wordpress.com/2021/09/gvergnaud_1990_theorie-champs-conceptuels_recherche-didactique-mathematiques-10-2-3.pdf)
- Yanes, J. (2016). Pensamiento Complejo en el aula. *Sophia*, 21, 121-141. doi:10.17163/soph.n21.2016.05

