

Importancia de la actividad experimental en la formación del docente de ciencias naturales

The importance of experimental activity in the training of natural science teachers

^aYovana Alexandra Grajales-Fonseca, ^bCésar Augusto Gutiérrez-Salazar, ^{c*}Audin Aloiso Gamboa-Suárez

 Doctora en Educación (c), yovana.grajales01@usc.edu.co, Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia.

 Doctor en Educación (c), cesar.gutierrez01@usc.edu.co, Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia

 c. Doctor en Ciencias de la Educación. audingamboa@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia

Recibido: Mayo 22 de 2021 **Aceptado:** Agosto 27 de 2021

Forma de citar: Y.A. Grajales-Fonseca, C.A. Gutiérrez-Salazar, A.A. Gamboa-Suárez, "Importancia de la actividad experimental en la formación del docente de ciencias naturales", *Mundo Fesc*, vol 11, no. S6, pp. 187-196, 2021.

Resumen

El presente artículo es derivado de la investigación “autoría propia de los textos interculturales para enseñar ciencias”, llevada a cabo en la Universidad Santiago de Cali, Colombia. El documento muestra el diseño de actividades experimentales basadas en el pensamiento de los futuros licenciados de ciencias sobre el principio de Bernoulli, de esta manera se diseñan tres momentos de intervención: el primero titulado pensamiento, que tiene en cuenta el sentido común del estudiante frente a este tema como primera instancia, el segundo momento titulado comunicación, interpretación y acción, en donde el estudiante tiene la oportunidad de comunicarlo, interpretarlo y simularlo; como último momento, se hace un paralelo de la interpretación del mismo desde su base científica en contraste con el conocimiento común que se mantiene. De lo anterior, se logra proponer un modelo sobre la construcción del conocimiento científico escolar, a través de la experimentación, dividida en cuatro etapas, esto implica una base para nuevas propuestas educativas en ciencias naturales desde las actividades experimentales.

Palabras clave: Actividad experimental, cultura, enseñanza de las ciencias, formación inicial.

Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: audingamboa@ufps.edu.co



Abstract

This article is derived from the research "self-authorship of intercultural texts to teach science", carried out at the University of Santiago de Cali, Colombia. The document shows the design of experimental activities based on the thinking of future science graduates about Bernoulli's principle, in this way three moments of intervention are designed: the first one entitled thinking, which takes into account the student's common sense about this topic as a first instance, the second moment entitled communication, interpretation and action, where the student has the opportunity to communicate it, interpret it and simulate it; as a last moment, a parallel is made of the interpretation of it from its scientific basis in contrast to the common knowledge that is maintained. From the above, it is possible to propose a model on the construction of school scientific knowledge through experimentation, divided into four stages, which implies a basis for new educational proposals in natural sciences from experimental activities

Keywords: Experimental activity, culture, science teaching, initial training.

Introducción

La actividad experimental suele estar reconocida como un ejercicio que confirma las teorías científicas, sus leyes, sus normas, etc. Este supuesto lo corroboran, García y Estany [1] quienes sostienen que la experimentación termina siendo un ejercicio comprobatorio con un papel subsidiario. Esta tendencia de pensamiento experimental se refleja actualmente en el aula de clase de ciencias naturales, porque en la mayoría de las escuelas o instituciones educativas suelen tomar el experimento como un ejercicio comprobatorio de una ley o teoría, esto implica una praxis pedagógica ausente de la reflexión, carente de puntos de vista o el pensamiento común de los estudiantes, y la réplica sostenida de condiciones y pasos para realizar un experimento o práctica experimental, que se manifiesta vacía en términos de relaciones sociales, culturales y demás, evadiendo los distintos puntos de vista a los que se puede someter el principio de Bernoulli.

Para García y Estany [1] la miseria del teoreticismo está en reducir la riqueza y la complejidad del proceder científico a un asunto de mera elaboración conceptual dejando de lado la opulencia de conocimiento implícita de las prácticas experimentales, por lo tanto, la educación en ciencias naturales

se muestra como un mundo ausente de la realidad cultural, de las percepciones comunes sobre los fenómenos, desmotivando la invención y creatividad, de otra forma, las aulas de clases plantean un conocimiento científico determinista en el que todo está dicho y configurado a partir de teorías y leyes en donde no hay cabida para la duda o la dualidad.

El cientificismo ha promovido una visión social elitista, cerrada y divulgada de una manera impecable, porque en este no cabe el error. La famosa frase "científicamente comprobado" es una muestra de la forma en que la sociedad dosifica la ciencia, pero además de la manipulación que la misma ejerce a la sociedad. Esto se refleja en las prácticas pedagógicas de los maestros de ciencias naturales, pues plantean ideas erróneas ingenuas sobre esta ciencia como tal las cuales recaen directamente sobre los estudiantes, simplificando el grado de interés de los mismos por relacionarse con las ciencias y sus derivados.

Según López-Rivera [2] "la enseñanza de las ciencias naturales presenta diferentes problemas debido a varios factores, como el uso de estrategias pedagógicas tradicionales que no promueven la comprensión sobre temas científicos y desarrollos tecnológicos" (p. 76), para ello es necesario reestructurar

la pedagogía tradicional que se hace vigente aún en las instituciones de educación superior, modificando las metodologías empleadas por los docentes, que directamente beneficia las habilidades cognitivas de los estudiantes, lo que conlleva a la adquisición de criterios y pautas por parte de los mismos ampliando sus saberes que fortalecen la toma de decisiones para la resolución de problemas, destacando que la enseñanza de las ciencias naturales se abarca desde una postura más abierta, que permite ampliarse hacia otras visiones un tanto reflexivas, permitiendo así la convergencia entre saberes. Además, esta reestructuración va de la mano con el aprovechamiento óptimo de los recursos institucionales, la evolución del talento humano y el acrecentamiento de la calidad de la educación en el país.

En este trabajo se pretende examinar que hay un lenguaje diferente que se expresa en la actividad experimental y del cual surgen pensamientos e ideas que posteriormente se articulan conceptualmente para comprender el mundo y actuar en él. Permitiendo construcciones más significativas del conocimiento científico escolar, acercando ciencia, sociedad y cultura desde sus maneras de ver y comprender la realidad natural.

Fundamentación teórica

La sociedad actual y la Universidad han tenido una transformación importante, planteando nuevas configuraciones y aportes a problemáticas sociales, culturales y ambientales emergentes. Para Lorenzo [3], las prácticas pedagógicas de nivel universitario se han convertido en un campo emergente para la investigación didáctica, dado que es aquí donde se concretan las interacciones entre docentes y estudiantes con el fin de construir conocimiento de manera conjunta. Sin embargo, se encuentran también algunas dificultades de enseñanza aprendizaje sobre todo lo que

tiene que ver con la concepción heredada de las ciencias, haciendo difícil encontrar modos de enseñanza que atiendan las necesidades del contexto, la motivación e intereses de los estudiantes que despiertan los procesos de experimentación y sobre todo la comprensión de la dualidad entre la teoría y la práctica. Lorenzo [3], visualiza algunas tensiones que manifiesta la educación Universitaria, entre ellas la forma de seleccionar los contenidos, pues suelen ser muy complejos o descontextualizados.

El aspecto anterior, presiona al ejercicio de la formación docente a responder a un sistema que no se piensa desde lo propio; otro elemento es el tiempo, pues la acumulación de información que suelen tener las clases de ciencias es amplia y acumulativa, más no reflexiva. Estas tensiones suelen ser recurrentes en las Licenciaturas en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales, en materias que tienen que ver con las famosas “ciencias exactas” que hacen parte del pensum de la carrera. Pues es evidente que dichas asignaturas son ofrecidas por la facultad de ciencias naturales de la Universidad, no obstante, los profesores universitarios y el sistema universitario en general parecen asumir que la formación pedagógica o las humanidades no son necesarias para desempeñarse como docentes [4]. En este sentido, el criterio para enseñar este tipo de asignaturas se enfatiza en el conocimiento disciplinar, dejando de lado los procesos didácticos y los discursos de formación que acarrearán la construcción del conocimiento científico en el contexto educativo.

La interacción y motivación de la actividad experimental. Una de las problemáticas para vincular con la enseñanza - aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes en formación inicial de programas profesoriales tiene que ver con la desmotivación que según, Fernández y

Solano [5] proviene desde la enseñanza media, debido al enfoque tradicional de educación, ya que tiende a ser expositivo promoviendo así a las ciencias naturales como un conjunto de datos a ser memorizados [5]. Al identificar este problema en docentes de formación inicial de las ciencias naturales los autores proponen asumir una postura crítica y reflexiva, que implica la interpretación y comunicación de la ciencia misma como un sistema cultural. Sin embargo, múltiples estudios según Fernández y Solano [5], dan cuenta del poco avance en las dinámicas dadas entre el profesor y el estudiante en el aula debido a que la ciencia aún se enseña de manera unidireccional y expositiva, centrada en el profesor, y minimizando (e incluso ignorando) el conocimiento previo de los estudiantes y su potencial para lograr aprendizajes significativos [6]-[9]. Sumado a una enseñanza centrada en contenidos y/o en el docente, Silva [10] alude a una falta de experimentación, tal como muestran estudios de Bullaude et al. [11] en Argentina, quienes explican que se ha puesto el enfoque de la enseñanza en la teoría.

Entonces es importante asumir aquí la experimentación como un sistema de representación de un fenómeno estudiado, es decir, sin aislar la teoría de la práctica, pues confluyen para enunciar y argumentar un sistema de verdades que dependen de un contexto particular. Haciendo énfasis en esta idea, García y Estany [1] enuncian que la pretensión de la experimentación no es eliminar las teorías como representación del mundo, sino abandonar el esquema jerárquico en donde el experimento está al servicio de la teoría, siendo entonces importante avanzar hacia descartar la idea de que el experimento corrobora la teoría y pensar en el equilibrio como lo menciona Hacking [12] entre teoría y práctica.

Materiales y métodos

Partiendo de estos supuestos, se elabora el siguiente proceso experimental para una clase de ciencias naturales. Para la construcción de esta reflexión, se orienta bajo un soporte cualitativo, interpretativo y descriptivo, como lo menciona Gutiérrez [13], que implica la observación, el análisis de argumentos frente a un fenómeno en este caso físico y permite utilizar todos los signos, símbolos y señales empleadas para comunicar un mensaje.

Este ejercicio se realizó en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Santiago de Cali. El grupo corresponde a 8 personas que se organizan en tres grupos de la siguiente manera; Dos grupos de dos integrantes y uno de cuatro personas correspondientemente, cabe recalcar que la elección de los grupos y el número de personas se hace al azar.

Esta práctica se desarrolló en 3 momentos, que a su vez se han nombrado de acuerdo a la interpretación que cada grupo realiza según lo observado, de esta manera el momento 1, corresponde a la etapa de pensamiento, en donde se pone en juego el sentido común, pues aquí se generan hipótesis frente a un supuesto que los sentidos aun no perciben; el momento 2, corresponde a la interpretación y comunicación de la acción, realizando la actividad cada grupo comunica lo observado, lo interpreta y empieza a generar una discusión interna acerca de los aprendido; el tercer momento, corresponde a la comparación del fenómeno observado en clase con una situación cotidiana, esta fase permite contextualizar un fenómeno que comúnmente se conoce, se vive y se explica de manera local y que a su vez la ciencia también lo interpreta.

Las preguntas elaboradas parten del

propósito de indagar sobre el principio de Bernoulli, una práctica experimental desde el campo de la Física.

¿Qué es el principio de Bernoulli? El principio de Bernoulli es un enunciado que parece ir en contra de la intuición acerca de cómo la velocidad y la presión de un fluido se relacionan entre sí. En él se establece que, dentro de un flujo horizontal de fluido, los puntos de mayor velocidad del mismo tendrán menor presión que los de menor velocidad [14]. Así que dentro de una tubería horizontal de agua que cambia de diámetro, las regiones donde el agua se mueve más rápido se encontrarán a menor presión que las regiones donde se mueve más lento. Esto parece ser contrario a la intuición, ya que siempre se asocia una gran velocidad con presiones altas, pero en realidad se trata de otra manera de expresar que un fluido ira más rápido si hay presión detrás de él.

Lo anterior, Según: Vega-Calderón et al. [15], “Por ejemplo, cuando a un alumno se le explica cierto concepto científico (v. g. presión), trata de asociarlo con el significado que tiene de éste como manifestación de sus ideas previas”, es aquí el epicentro de la falta de comprensión del asunto, pues los estudiantes evocan los conceptos relacionados con la velocidad y presión de un fluido adquiridos en los años académicos inmediatamente anteriores enlazándolos con el principio de Bernoulli sin enfrentarse a la teoría que en él radica, resultado de las ideas previas que han formado a lo largo trayectoria académica.

Resultados y discusión

Momento 1. Pensamiento (sentido común). Se entregan dos papelitos cortados en rectángulo por grupo. Se hace la primera pregunta.

¿Qué creen ustedes si soplan fuerte en medio

de los dos papelitos?

Respuestas de los estudiantes: Grupo 1.

1. “Entonces lo que yo creería se van a moverse como en manera de olas, el momento se chocaría entre ellas produciendo sonido”
2. “yo pienso que las hojas al soplar por el medio se moverían una hacia arriba y otra hacia abajo y dejan un espacio en la mitad”
3. “yo también pienso lo mismo que si soplo por la mitad si van al lado contrario agua”
4. “yo pienso quiero de arriba va a estar hacia arriba y la de abajo se queda igual”

Respuestas de los estudiantes: Grupo 2.

“Que emiten un sonido y que se estrella al final”

Respuestas de los estudiantes: Grupo 3.

“Que emitiría un sonido”

Momento 2. (Comunicación e interpretación y acción) Realización de la actividad. La maestra dirige la actividad, dando las siguientes orientaciones, un integrante hace el ejercicio y el otro observa el fenómeno y lo describe. La maestra solicita reiterativamente que escriban lo que se va observando.

Notas de la maestra: “el proceso de cuadrar las hojas para soplar fue algo engorroso y tomo cierto tiempo”

Descripción de lo observado:

¿Qué pasó cuando hacen el ejercicio?

Estudiantes:

“Primero que todo sucedió como yo había dicho, las hojas se empezaron a mover como en olas y luego empezaron a chocarse después cuando se vuelve a intentar las dos quedaron de manera recta y nunca se juntaron y la última cuando se sopló las dos se juntaron euros quedaron completamente juntas y producían como una especie de sonido como de silbido”.

¿Qué crees que cambio para que pasaran los tres movimientos en las hojas?

1. *“La posición de las hojas, es decir unas hojas estaban cogiendo de maneras distintas más o menos como en v o sea las hojas si estaban cerrando”*
2. *“Lo que pudimos observar es que las hojas quedaron así o sea a soplar claro más templadas”*
3. *“Nosotros observamos que las hojas quedaron rígidas una sobre la otra”*
4. *“Nosotros observamos, que a lo que uno sopla se une una con la otra buena”*

Momento 3. Comparación con una situación real y cotidiana

¿Qué pasa cuando una moto pasa al lado de un camión?

Los estudiantes comentan: *“que tiende a succionar al sujeto de la moto, el camión lo atrae hacia a él y así suceden muchos accidentes”.*

¿Qué relación hay entre soplar en mitad de **dos hojas y la moto al lado de un carro?**

Respuestas

- *Que ambos se atraen*
- *No sé*
- *No hay relación*

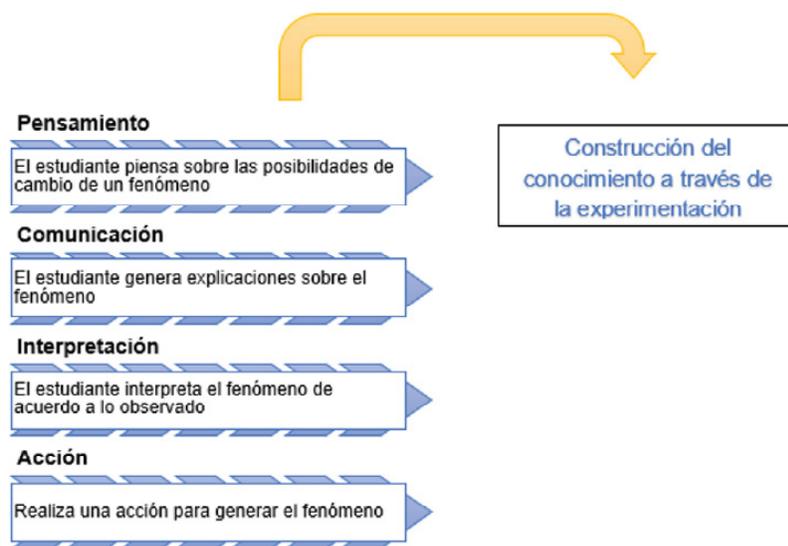


Figura 1. Elementos para la construcción de conocimiento experimental en el aula de ciencias naturales

Del ejercicio anterior, se puede interpretar cómo la experimentación promueve en el estudiante un interés particular, la generación de ideas, la participación colectiva y los procesos de construcción de explicaciones de la realidad natural. Fernández y Solano [5], mencionan que la generación de actividades experimentales en el aula de ciencias, fortalecen la apropiación de la ciencia misma, el lenguaje, mejoran el aprendizaje y pierden el miedo a enfrentarse a un mundo de ciencia que no está aislado de lo propio. En el desarrollo de la actividad, se reconoce una actitud distinta frente a la clase de ciencia, en ellos se encontró una actitud entorno a pensarse el fenómeno y a comunicarlo, es por esto que planteo las siguientes categorías que emergen como parte del análisis de lo vivido.

1. Pensamiento (sentido común): este momento se propicia bajo un interrogante que nos hacemos cotidianamente “qué pasaría si”, esta premisa asume una cantidad de maneras de hacer las cosas que depende de mi historia social, cultural y política, lo vivido, lo experimentado o lo desconocido. Generar una idea o hipótesis frente a una situación, se asocia con las diversas maneras de ver y hacer las cosas.

2. Comunicación: La expresión de la idea es un proceso ligado al pensamiento, pero hay que tener en cuenta el contexto en el que comunico la idea. Tal vez, el principio ha sido vivenciado en todas las partes del mundo, pero la cultura, el lenguaje emiten un mensaje particular. Sin embargo, se ha generado un interrogante a esta categoría ¿cómo logro que el otro comprenda lo que quiero comunicar?

3. Interpretación: El estudiante interpreta el fenómeno observado, pero por grupo se encuentran variaciones en las interpretaciones, lo que conlleva a decir que no todos observamos lo mismo así sea el

mismo fenómeno. Las interpretaciones son subjetivas y variables, tal parece que están concatenadas con el tejido social y cultural del individuo, a partir de ello interpreta lo que ha observado.

4. Acción: La ejecución material del fenómeno, el hacer, el ser y el saber, confluyen en la acción, pues no se pueden desligar ninguno de los momentos, al final construyen un conocimiento partiendo de una actividad experimental.

Desde estas ideas, Árcs et al. [16], quienes asumen la experiencia, el conocimiento y el lenguaje, como una triada en continua interacción y dependen directamente una de otra. Es por esto, que la técnica se mueve en el marco de la reflexión sobre estos tres ejes (experiencia, conocimiento y lenguaje). La actividad experimental además de permitir estos procesos de construcción mencionados anteriormente, también comprende procesos que poco se menciona como lo es la generación de características personales, en palabras de Olivo-Franco [17], que tiene que ver con aspectos motivacionales de carácter interno como “ganas, gusto, disposición, interés hacia el aprendizaje, la investigación o la lectura” e incluso su curiosidad natural.

Algunos estudiantes, manifestaron que la actividad experimental que se presenta, causó interés por aprender sobre ciencia, salieron de la monotonía escolar con la que venían en clase y adquirieron mayor motivación por la ciencia. Además, se evidenció actitudes de liderazgo en algunos estudiantes, permitiendo así, tener un orden en las ideas, discusión de las mismas y análisis colectivo de un fenómeno. Que según Olivo-Franco [17], son características del aprendizaje ampliándolas hacia estudiantes que suelen ser dinámicos y líderes, curiosos, sensibles-empáticos, con una visión amplia para resolver problemas, autónomos, con capacidades lingüísticas particulares.

Conclusiones

Las características de los contextos en el que se forman los maestros de ciencias naturales dependen de la cultura, de las experiencias particulares y de las percepciones iniciales que han construido los mismos. Estos procesos ayudan a construir la identidad del maestro de ciencias naturales que en algunos casos está dominado por el saber disciplinar por sobre el saber pedagógico. En este sentido, Quiceno-Serna [18], menciona que comprender y vivir la práctica es el acto de reflexionar sobre lo que se hace día a día, implica construir hábitos propios, modos de actuar particulares que, aunque no correspondan propiamente a las teorías pedagógicas y didácticas abordadas en el pregrado, logran solucionar de forma transitoria y/o permanente las necesidades de los contextos de trabajo. Ahí se problematizan los saberes de la formación profesional, se adaptan y se (re)construyen, dando lugar a nuevos conocimientos que entran a hacer parte del repertorio personal de cada docente.

Esto implica un ejercicio reflexivo constante para los educadores de ciencias naturales, el maestro debe involucrar la necesidad de priorizar los entornos culturales de los que vienen sus estudiantes, pues con la aplicación de los instrumentos se evidencia que cada grupo de alumnos posee un grado de conocimiento distinto, mientras unos aciertan en cuanto a el experimento en cuestión, otros plantean ideas erróneas y se infiere que esta problemática surge debido a las instituciones de la que proceden, considerando que el nivel de los establecimientos educativos es variable en cuanto a su exigencia académica, la pedagogía de los docentes y el aprovechamiento de los recursos que directamente cualifican el nivel teórico-práctico de los estudiantes.

También, es necesario mencionar que la toma de decisiones viene ligada con los saberes de cada estudiante, pues con el momento 3 se comprueba que la calidad saberes previos con la que los alumnos están ingresando a las instituciones de educación superior es baja, por ello se obtienen respuestas como por ejemplo “no sé”, que resultan ser directas y negativas, deduciendo que no poseen conocimientos o bases teóricas acerca de lo indagado, tomando la decisión de negarse tan siquiera a sumergirse en la temática de la pregunta y dar una posible respuesta.

Esto me permite reflexionar frente a las formas en que se enseña las ciencias naturales en la escuela, es común ver o recibir una formación científica desde un enfoque positivista donde es solo una disciplina aislada de los social y cultural, deshumanizada, políticamente correcta, sin implicaciones morales o religiosas, místicas o mítica como lo menciona Elkana [19] en su escrito “las ciencias como un sistema cultural”, el cual asocia la ciencia como una expresión cultural que no se aísla de otras expresiones del conocimiento como el arte, sustentando esta idea, Quintanilla et al. [20] en su texto “Historia y filosofía: Aportes para una nueva aula de ciencias promotora de ciudadanía y valores”, plasma la necesidad de posicionar el conocimiento científico con un enfoque cultural desde una mira de Pickering [21] caracterizando la ciencia como una práctica y una cultura. Pues las prácticas experimentales, para la mayoría de los participantes en el ejercicio planteado para estudiantes de primer semestre de la licenciatura en ciencias naturales, permitió el acercamiento de manera empática hacia los estudiantes, se evidenció una actitud activa y participativa, pues según Quiceno-Serna [18] estas actividades son como un “detonante”, que motiva el gusto por las ciencias naturales.

Referencias

- [1] E. G. García, R. Estany, “Filosofía de las practicas experimentales y enseñanza de las ciencias”, *Praxis Filosófica*, no. 31, pp. 7-24, julio 2010
- [2] Z. C. López-Rivera, “La enseñanza de las ciencias naturales desde el enfoque de la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación ASCTI en educación básica – media”, *Revista Científica*, vol. 22, no. 2, pp. 75-84, 2015
- [3] M. G. Lorenzo, “Enseñar y aprender ciencias. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes”, *Educación y Educadores*, vol. 20, no. 2, pp. 249-263, febrero, 2017
- [4] P. W. Jackson. *Práctica de la enseñanza*. Avellaneda: Amorrurto, 2002
- [5] R. Fernández, N. Solano, “Actitud hacia las clases de Ciencias Naturales en la educación primaria en España”, *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 19, no. 4, pp. 112–123, noviembre 2017
- [6] J. M. De Posada, “Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, no. 2, p. 227-245, 1999
- [7] M. Alvarado, F. Flores-Camacho, Percepciones y supuestos sobre la enseñanza de la ciencia: Las concepciones de los investigadores universitarios. *Perfiles educativos*, vol. 32, no. 128, pp. 10-26, enero 2010
- [8] H. Cofré, J. Camacho, A. Galaz, J. Jiménez, D. Santibáñez, C. Vergara, “La Educación Científica en Chile: Debilidades de la Enseñanza y Futuros desafíos de la Educación de profesores de Ciencia”, *Estudios pedagógicos*, vol. 36, no. 2, pp. 279-293, enero 2010
- [9] L. Costa, V. Barros, M. Lopes, L. Marques, “La Formación Docente y la Educación de Jóvenes y Adultos: Análisis de la Práctica Pedagógica para la Enseñanza de Ciencias”, *Formación Universitaria*, vol. 8, no. 1, pp. 3-1., enero 2015
- [10] E. Silva, “Algunas consideraciones en torno a la pregunta ¿Por qué nuestros alumnos poseen mala base en química? *Estudios pedagógicos*, vol. 1, no. 1, pp. 89-96, 1976
- [11] M. Bullaude, L. Cordoba, M. Torres, J. De Morán, “Análisis de metodologías de Estudio en Química Inorgánica”, *Formación Universitaria*, vol. 1, no. 6, pp. 29-34, 2008
- [12] I. Hacking. *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. New York: Cambridge University Press, 1983.
- [13] H. Gutiérrez. *Los elementos de investigación*. Chicago: Magisterio, 2021
- [14] P. A. López, “La ecuación de Bernoulli”. 2014. [En Línea]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/38626>
- [15] F. Vega-Calderón, L. Gallegos-Cázares, F. Flores-Camacho, “Dificultades conceptuales para la comprensión de la ecuación de Bernoulli”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 14, no. 2, pp. 339-352, 2017
- [16] M. Arcá, P. Guidoni, P. Mazzoli. El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación. En M. Arca, P. Guidoni, P. Mazzoli, *Enseñar Ciencia. Como empezar: Reflexiones para una*

educación científica. Barcelona: Editorial Paidós, 1990.

- [17] J. Olivo-Franco, “Interpretativa de docentes de Ciencias Naturales sobre estudiantes exitosos”, *Revista Complutense de Educación*, vol. 30, no. 2, pp. 347–364, febrero 2019
- [18] Y. Quiceno-Serna, “¿Cómo Nos Hacemos Profesores De Ciencias Naturales? Una Reflexión Acerca De Los Saberes Docentes En La Constitución Y (Re) Constitución De La Identidad Profesional”, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. 13, no. 2, pp. 151–176, julio 2017
- [19] Y. Elkana, “La ciencia como sistema cultural”, *Boletín de La Sociedad Colombiana de Epistemología*, vol. 3, no. 10–11, pp. 17–29, 1983
- [20] M. Quintanilla, S. Daza, H. G. Cabrera. *Historia y Filosofía de la Ciencia, Aportes para una “nueva aula de ciencias”, promotora de ciudadanía y valores.* Santiago de Chile: Editorial Bellaterra Ltda., 2020
- [21] A. Pickering. *The mangle of practice: Time, agency, and science.* Chicago: University of Chicago Press, 2010