

Qué son y cómo enseñar las “Grandes Ideas de la Ciencia”: relatos desde la discusión en torno a una práctica de aula

What Are and How to Teach Big Ideas of Science Education: Stories from the Discussion around a Teacher's Practice

Corina González-Weil ^{1,2} y Paulina Bravo González ^{1,3}

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

² Centro de Investigación Avanzada en Educación, Chile

³ Institute of Education-University College of London, UK

Resumen

Las Grandes Ideas de la Ciencia son parte de los actuales cambios a los currículos de ciencia a nivel internacional y en Chile. Experiencias sobre clases usando Grandes Ideas de la ciencia provienen principalmente desde la Academia, describiendo qué y cómo realizan clases otros profesores en sus aulas, dejando una brecha respecto de lo que ocurre en la práctica de los profesores desde su propia voz. Este trabajo explora, bajo la metodología de *self-study* colaborativo (Bullock & Russell, 2012), la práctica de una profesora de formación inicial con sus estudiantes de pedagogía en biología, a partir de la cual se gatilla la reflexión y el autoconocimiento, en torno a la exploración de la Gran Idea de *ser vivo*. Los resultados muestran que es posible construir con los estudiantes una Gran Idea a partir de ideas más pequeñas que emergen del análisis de ejemplos concretos. Para la docente, el orientarse por una Gran Idea facilita la enseñanza por cuanto permite mayor flexibilidad y confianza en el conocimiento de los estudiantes. Finalmente, el contar con un amigo crítico y compartir la experiencia contribuye a la reflexión sobre la práctica, generando un camino de aprendizaje conjunto que beneficia a todos.

Palabras clave: Grandes Ideas de la Ciencia, *self-study* colaborativo, formación inicial, ser vivo

Correspondencia a:

Corina González-Weil
corina.gonzalez@pucv.cl
Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Avda. Universidad 330, Curauma, Valparaíso
Agradecemos, en primer lugar, a los estudiantes que participaron de este curso, que muy generosamente accedieron a compartir su experiencia. Y agradecemos muy especialmente al grupo PRETeC, el cual ha sido una fuerte permanente de conocimiento, y que hace 7 años, cada viernes, nos inspira a ser mejores formadoras.

© 2018 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN:0719-0409 DDI:203.262, Santiago, Chile
doi: 10.7764/PEL.55.1.2018.1

Abstract

The big ideas of science education are the current changes in the science curriculum all over the world and also in Chile. Experiences of lessons using big ideas are, mostly, from the Academia describing what and how teachers teach in their classrooms, generating a lack of the teacher's practice since their own voice. This research explores, under the collaborative self-study methodology (Bullock & Russell, 2012), the practice of an undergraduate level's teachers where it is developing the reflexion and self-knowledge about the Big Idea of living being. The results show that it is possible to build with the students a Big idea from “small” ideas since the analysis of concrete examples. Furthermore, for this teacher, the big idea as a guideline that promotes more flexibility and confidence in the students' knowledge. Finally, considering critical friendship and the sharing of the experience benefit reflexion of the practice and learning of everyone.

Keywords: Big Ideas in Science, collaborative self-study, preservice teacher education, living being

Desde hace muchos años que uno de mis sueños era trabajar el concepto de ser vivo desde una visión integrada. Siempre me ha fascinado el imaginar lo que es un ser vivo y cómo funciona, al mismo tiempo que siempre me ha afligido la manera totalmente desintegrada en que se enseña: porque tradicionalmente, la idea de ser vivo se enseña por partes...” (HC-P¹)

¿Qué son las Grandes Ideas?

En diferentes países los cambios actuales en el currículo de ciencias están relacionados con las “Grandes Ideas de la Ciencia”. El término se comienza a masificar con un grupo de investigadores en didáctica de las ciencias, profesores e ingenieros, de diferentes países, bajo el liderazgo de Wynne Harlen. Este grupo expuso sus ideas en dos breves libros: el primero llamado “*Principios y Grandes Ideas de la Educación en Ciencias*” (2010) y el segundo, “*Trabajando con Grandes Ideas de la Educación de las Ciencias*” (2015b). El propósito de estos trabajos fue hacer una propuesta en relación a las ideas clave que se debieran abordar en el currículo, con el objeto de ayudar a los estudiantes a entender, disfrutar y maravillarse con el mundo natural, y así contribuir a enfrentar el problema de la percepción negativa de los estudiantes hacia la ciencia (Harlen, 2010, 2015a, 2015b).

Existen diferentes definiciones sobre qué son las Grandes Ideas de la ciencia y cómo es posible enseñarlas. Según Mitchell et al. (2016) Grandes Ideas son “*un principio unificador que conecta y organiza una serie de ideas o conceptos más pequeños con múltiples experiencias*” indicando que este tipo de ideas son de gran alcance, ya que dan una dirección a la enseñanza (p.3). Mitchell et al. (2016) ofrecen diferentes definiciones de grandes ideas, como la de Hume y Belly (2011) donde “*las ideas clave son declaraciones autónomas, las que dan una sensación de entendimiento duradero que los estudiantes deben desarrollar*” (como se citó en Mitchell et al, 2016, p. 3). Para Whiteley (2012), las Grandes Ideas “*pueden ser pensadas como los patrones significativos que permiten conectar los puntos del conocimiento que de otro modo estarían fragmentados*” (como se citó en Mitchell et al., 2016, p.3). Para otros, una Gran Idea no es tan solo una parte del conocimiento disciplinar, sino que debe promover conexiones a través de la disciplina científica y ser generativa para los estudiantes, lo que les permitiría hacer nuevas relaciones en el contenido (Olson, 2008; Smith III & Girod, 2003). Además, son comunes a más de un fenómeno y tienen el potencial de ser desarrolladas en el tiempo (Plummer y Krajcik, 2010). En EE.UU., la definición de Grandes Ideas dada por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) Proyecto 2061, que las establece como “*temas de importancia para la alfabetización en ciencia, matemáticas y tecnología*” (Lelliott y Rollnick, 2010, p. 1173); y más recientemente, en los Estándares de Ciencias de la Próxima Generación (NGSS) liberados en 2013, donde se trata de abordar el problema de la cobertura y profundidad de ideas básicas transversales en el currículo relacionadas con las Grandes Ideas de la ciencia (Metz, 2012).

¹ Historia de Clase de la Profesora

Algunas de las ventajas de enseñar con Grandes Ideas es que los estudiantes podrían hacer conexiones entre conceptos científicos (Metz, 2012). Además, cuando estas ideas están conectadas, debería ser más fácil usarlas en nuevos escenarios (Harlen, 2015a). Por otro lado, los estudiantes podrían ver la relación entre las diferentes ideas científicas y la vida cotidiana, motivándolos para una nueva comprensión de la ciencia (Harlen, 2015a). Los estudiantes también podrían ser capaces de construir conexiones y reconocer patrones en diferentes fenómenos (Harlen, 2015a) y ser capaces de desarrollar un nivel de comprensión más sofisticado (Plummer & Krajcik, 2010). Para los profesores, la organización de los temas de enseñanza de acuerdo con las Grandes Ideas permitiría una comprensión profunda del contenido científico y un vínculo entre las diferentes actividades realizadas (Mitchell et al., 2016). Finalmente, las Grandes Ideas pueden servir como un incentivo para utilizar algún contenido científico integrado entre disciplinas (Cartier & Pellathy, 2009).

Ejemplos del uso de Grandes Ideas

En la literatura, existen diferentes ejemplos de investigaciones sobre Grandes Ideas en ciencias, tales como Grandes Ideas sobre el contenido, el aprendizaje y el dominio disciplinar (Mitchell et al., 2016); Grandes Ideas sobre homeostasis, evolución, información, interacciones y propiedades emergentes (Cooper, 2015), Grandes Ideas sobre astronomía en relación al sistema Tierra-Sol-Luna (Lelliott y Rollnick, 2010; Plummer y Krajcik, 2010), Grandes Ideas sobre Ciencia (Devick-Fry & LeSage, 2010; Harlen, 2010, 2015b), Grandes Ideas sobre la Naturaleza de la Ciencia (NOS) (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003), entre otros. Cada una de estas investigaciones trata de contribuir a mejorar la enseñanza de las ciencias, apuntando a ideas que son clave para la comprensión de los conceptos que proponen.

Existen diversas experiencias sobre el uso de Grandes Ideas para enseñar ciencias, las que son diseñadas por los investigadores en didáctica de las ciencias e implementadas por profesores de aula. En este sentido, por ejemplo, es posible ver cómo profesores en ejercicio utilizan una clase con un ejemplo específico, en este caso sobre el ciclo de vida de las mariposas, como contenido interdisciplinario para la comprensión de los ciclos de vida en general (Cartier & Pellathy, 2009). En otro ejemplo es posible ver cómo a partir de las ideas de los estudiantes sobre la idea del movimiento celeste aparente se diseñó una intervención con diferentes trayectorias de aprendizaje y los resultados de éstas (Plummer y Krajcik, 2010).

Si bien la mayoría de las experiencias emerge desde la Academia y es implementada por docentes de aula, también es posible encontrar un ejemplo que surge desde la práctica, donde una profesora de enseñanza básica relata cómo utiliza Grandes Ideas en sus clases (Alleman, Knighton & Brophy, 2010). En su trabajo, los autores definen las Grandes Ideas como ideas poderosas que están relacionadas con los conocimientos de base de los estudiantes, que, por lo general, están desconectados y limitados. Alleman et al. (2010) argumentan que es difícil estar atento a la planificación, implementación y evaluación de las clases usando grandes ideas, pero que, cuando los profesores lo logran, la clase se vuelve más significativa.

En resumen, el trabajo con Grandes Ideas pareciera implicar, por un lado, el organizar las clases en torno a ciertas ideas fundamentales, cuya comprensión abre la puerta al entendimiento de una serie de fenómenos, y por otro, el organizar las clases de tal modo de asegurar que el estudiante comprenda esa idea fundamental a la vez que dar oportunidades de que la aplique en una diversidad de contextos.

La Gran Idea de Ser Vivo: el problema de entender las partes v/s el todo

Harlen (2010), propone varias Grandes Ideas que se relacionan con la comprensión del concepto de Ser Vivo. En el marco de este trabajo, nos interesa destacar dos de ellas: *Los organismos están organizados en base a células* (GI 7) y *Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema* (GI 8). Si tratamos de resumir ambas ideas en una, podríamos señalar que la necesidad de los seres vivos de incorporar materia y energía para mantenerse determina una organización específica, donde la célula es la unidad básica y donde las funciones de los seres vivos son reflejo del funcionamiento celular.

Uno de los grandes problemas que supone la enseñanza del concepto de ser vivo y de la célula, es la falta de vinculación entre las características y funciones de los seres vivos con las características y funciones de las células (González-Weil & Harms, 2012). Del mismo modo, tampoco se comprende la relación que existe entre los diferentes sistemas. Un estudio con 268 estudiantes universitarios de primer año en Argentina, mostró que frente a la afirmación: “El funcionamiento de las células del cerebro depende de que las células del intestino incorporen alimento”, muy pocos estudiantes fueron capaces de establecer una relación funcional entre el cerebro y el sistema digestivo (De Micheli et al, 2003). Del mismo modo, la relación entre digestión y respiración en relación a la obtención de energía es confusa. Muchos estudiantes (incluso universitarios) señalan que el proceso de obtención de energía directamente disponible para el metabolismo es la digestión en los animales y la fotosíntesis en las plantas (Mweene, Sanders y Mumba, 2012; Tekkaya, 2002), sin considerar el rol de la respiración celular.

En general, la enseñanza del concepto de ser vivo, la célula, sus estructuras y funciones se ha realizado de manera parcelada y no desde una visión sistémica, lo que dificulta una comprensión integral de estos conceptos.

El presente trabajo tiene por objetivo explorar, bajo la perspectiva del self-study colaborativo, la práctica de una profesora de formación inicial con un grupo de estudiantes de pedagogía en biología, enseñando la Gran Idea de ser vivo de manera integrada. Bajo ese contexto, nos preguntamos: ¿De qué manera concreta es posible trabajar la Gran Idea de Ser Vivo en el aula? ¿De qué manera el trabajar con Grandes Ideas contribuye a la formación inicial de docentes de ciencia? Y en el caso de las autoras en particular, ¿Qué podemos aprender acerca de las implicaciones y las condiciones que facilitan el trabajo con grandes ideas? ¿Qué aspectos son clave en el proceso de aprender a enseñar con grandes ideas?

Metodología

Enfoque y diseño

Epistemológicamente esta investigación es socio constructivista, donde el conocimiento es visto como un proceso de activa construcción y reconstrucción de la teoría y la práctica por aquellos que están inmersos en el proceso investigativo (Carr & Kemmis, 2004). En este caso, el objeto de estudio es la práctica de una profesora que enseña con Grandes Ideas de la ciencia a un grupo de estudiantes de pedagogía en biología. El diseño de investigación es self-study en su versión colaborativa, donde la profesora y una colega (las autoras del artículo) van discutiendo y construyendo en colaboración el significado de la enseñanza con Grandes Ideas de la ciencia y su potencialidad para los profesores en formación como una forma de aprender y también de enseñar a sus futuros estudiantes. Self-study es entendido como una forma de alcanzar un entendimiento más profundo del conocimiento profesional, el que está fundamentado en construcciones sociales (Bullock & Russell, 2012).

Contexto y participantes

El presente estudio se realizó en el marco de un curso de Didáctica de la Biología, dictado a estudiantes de tercer año de Pedagogía en Biología. En el curso participaron 12 estudiantes (9 mujeres y 3 varones). Lo descrito en este trabajo corresponde a una secuencia de 3 sesiones de clase de 4 horas pedagógicas cada una, realizadas a inicios del primer semestre de 2017. Las autoras (que en este caso somos participantes a la vez) somos una profesora de biología con formación de postgrado en didáctica de la biología y una bióloga con formación de postgrado en didáctica de las ciencias. En ambos casos, tenemos una extensa experiencia trabajando con profesores de ciencia en formación y en ejercicio.

Producción y análisis de datos

Los datos se obtuvieron desde las siguientes fuentes: (a) Cuestionario Grandes Ideas (CGI); (b) Historia de Clase de profesora (Corina) y estudiantes (HC-P/ HC-E); (c) Producciones de los estudiantes (ficha de animales inventados, reflexiones); (d) Fotografías de la pizarra (FP) (e) Ticket de salida aplicados al final de la clase a los estudiantes (TS); (f) Bitácora de la profesora (Corina) (Bit) (g) Video de la sesión del grupo PRETeC² en donde fue analizada una de las clases (SP).

² Ver Acuña, T., Avilés, D, Bravo, P., Cisternas, D., González-Weil, C., Henríquez, C., Maldonado, L., Palacios, L., Salinas, E., Santana, J. (2016). Profesores reflexionando por una educación transformadora en ciencias (PRETeC). *Docencia*, 60: 43-53

El análisis de la información se realizó combinando todo el set de datos y realizando análisis temático. Según Braun y Clarke (2006), el análisis temático es un método de análisis que puede ser usado con preguntas de investigación que indaguen sobre las prácticas, visiones y opiniones de las personas, lo que, en el caso de esta investigación, significó para nosotras entender nuestras conceptualizaciones sobre las Grandes Ideas y cómo enseñarlas.

Para una mejor comprensión, la presentación de los resultados se realizará en primera persona, y en torno a “viñetas”, que ilustran los diferentes momentos de la investigación.

Resultados

VIÑETA 0: ¿Por qué trabajar en torno a una Gran Idea?

Con Corina veníamos conversando sobre las Grandes Ideas de la ciencia. Yo (Paulina) estoy empezando mi doctorado en educación y me he propuesto trabajar en desarrollo profesional docente en torno a la creación colaborativa de Grandes Ideas de la ciencia. En ese contexto, es que invité a Corina a participar de un cuestionario aplicado a un grupo de docentes de la región de Valparaíso para conocer sus conceptualizaciones del término. Allí, Corina, paralelamente a las clases, reportó la importancia que le da a la enseñanza considerando grandes ideas, específicamente en lo que se refiere a entender *ser vivo*:

[Si tienes experiencia enseñando con Grandes Ideas, ¿Qué idea?] *“La idea de que los seres vivos son organismos autopoieticos que necesitan de materia y energía para mantenerse vivos y no deshacerse. [¿Con qué curso?] La idea la he estado trabajando con estudiantes de tercer año de Pedagogía en Biología. [¿Cómo decidiste que esa es una Gran Idea?] Creo que es una Gran Idea porque explica la existencia y el funcionamiento de los seres vivos. Uno de los grandes problemas en la biología es que todo se enseña de manera desagregada. Esta Gran Idea lo integra y ayuda a explicar las funciones básicas de los seres vivos”* (CGI).

Yo (Corina) trabajo hace casi 20 años en la formación de profesores de biología, tanto en formación como en ejercicio. En este tiempo, me ha angustiado visualizar la manera desintegrada en que se abordan los conceptos biológicos, no sólo en la Escuela y desde el propio currículo y textos escolares, sino también en la Universidad:

“Tradicionalmente, la idea de ser vivo se enseña por partes. Un ser vivo (casi siempre el ser humano) tiene un sistema digestivo, uno circulatorio, uno nervioso, uno respiratorio, y además está hecho de células, pero generalmente aprendemos todo eso en cajones separados y cuando alguien nos pregunta adónde va el O₂ que respiramos o qué le pasa a las células del cerebro cuando se echa a perder el intestino, no tenemos idea de cómo están relacionadas esas cosas entre sí” (HC-P)

Frente a esta inquietud, se presentó la oportunidad de dictar un curso nuevo. Paulina me había introducido al trabajo con Grandes Ideas a propósito de su doctorado, y de alguna manera me desafió a trabajar desde esa perspectiva en este curso. Me propuse trabajar la idea de *ser vivo* de manera integrada, con el objetivo de que mis estudiantes pudieran visualizar las ideas fundamentales vinculadas a cómo funciona un ser vivo, así como relacionar las funciones básicas de los seres vivos con lo que ocurre a nivel celular.

VIÑETA 1: Construyendo la Gran Idea en conjunto: los seres vivos como seres autopoieticos que requieren de materia y energía para mantenerse

En una primera clase, partí (Corina) preguntando cómo podríamos definir *ser vivo*. Los estudiantes enumeraron una larga lista de características: *“tiene un ciclo de vida, tiene metabolismo, interactúa con el medio, posee un genoma, se reproduce, está hecho de células”*. Les pedí que pensáramos en algo que sea exclusivo de los seres vivos, y mencionaron la *“autonomía”*. A partir de ello trabajamos la idea de *autopoiesis*, y llegamos – a través de una analogía– a la idea de que para que un ser vivo se mantenga como tal (vivo!), debe incorporar energía y materia:

*“...si construimos una casa y no la mantenemos en 20 años, se deteriora. La única manera de mantenerla es incorporando a la casa, **materia** (pintura, maderas nuevas, etc) y **energía** (el pintar, clavar, etc). Lo mismo pasa con los seres vivos (...) la tendencia natural es deshacerse (que es lo que pasa cuando morimos)”* (Bit)

Para mí (Paulina) el uso de analogías y su relación con elementos cotidianos de los estudiantes tiene mucha potencialidad. Cuando Corina me contó lo que haría en su clase y leí su historia, me propuse hacer algo similar. Como parte de mi programa de doctorado tuve que mostrar un ejemplo (hipotético) del uso de Grandes Ideas en clases de ciencia. Lo hice pensando en teoría de sistemas y niveles de organización. En mi ejemplo, les pedía a los estudiantes que construyeran un avión de papel y que lo hicieran volar, primero individualmente, luego en grupos de 3 estudiantes, 6, 10 y 15 estudiantes. El objetivo de la actividad era comparar cómo iban sumando características al avión que le permitieran volar mejor desde la combinación de las características de las distintas versiones de aviones que habían realizado. Al final, las propiedades que ellos iban sumando se podrían entender como las propiedades que vemos entre los diferentes niveles de organización de la materia, donde las propiedades emergentes aparecen en cada nivel superior.

VIÑETA 2: Una Gran Idea se construye a partir de varias pequeñas Grandes Ideas: averiguando cómo los seres vivos consiguen materia y energía

El siguiente paso en mi clase (Corina) fue consensuar en conjunto la *manera* en que los seres vivos incorporan materia y energía. Para ello solicité a los estudiantes que en pequeños grupos pensarán en un animal que les llamara la atención, y buscaran en Internet (usando sus celulares) la manera en que dicho animal conseguía materia. Averiguaron acerca de 7 animales: medusa, ballena, pulpo dumbo, axolote, ornitorrinco, nemátodo, estrella de mar. Comparando primero en pequeños grupos, y luego en todo el curso, tratamos de encontrar elementos que los animales tuvieran en común respecto de la manera de conseguir materia, llegando a algunas *pequeñas Grandes Ideas* (PGI), las cuales fuimos consensuando en conjunto (PGI se señalan en negrita):

“Los estudiantes observaron diferentes cosas: que había una entrada y una salida de materia (que a veces, como en la medusa, era el mismo orificio), y que en todos los casos se digería y se absorbía la materia” (HC-P).

Al tratar de definir lo que observábamos, un estudiante propuso que todos los animales necesitaban un **“sistema de transformación de materia grande en materia chica [y asimilable]”** (PGI 1). Con ello, teníamos más o menos resuelto el tema de la obtención de materia. Al consultar adónde iba esa materia “chica”, la respuesta unánime fue: “a la célula”. Luego, surgió una segunda necesidad: **“un sistema de distribución de materia a todas las células”** (PGI 2).

Pregunté entonces de dónde los animales obtenían energía. La respuesta fue menos clara:

“Eso les costó un poco más. Hubo algunos que pensaron que el hecho de “ingresar materia” (comer) automáticamente implicaba la consecución de energía (cuando lo que sucede en un principio, es sólo que esa materia se “achica”). Después de un rato, alguien mencionó la respiración celular, la cual definimos como “Un proceso de extracción de energía a partir de la materia (generalmente glucosa), que requiere O₂- en la mayoría de los casos-, y obtiene como producto ATP, CO₂ y H₂O (y transforma materia orgánica en inorgánica)” (PGI 3). (HC-P)

A raíz de lo anterior, emergió otra pequeña Gran Idea: se necesita **“Un sistema de intercambio gaseoso (obtención de O₂ y liberación de CO₂)”** (PGI 4). Cada grupo revisó en “su animal” qué características tenía dicho sistema. Al compartir los hallazgos- comparando diversos sistemas respiratorios- llegamos a qué es lo que había en común: **“la existencia de una superficie húmeda en donde ocurre intercambio gaseoso”** (PGI 5).

Si bien logramos construir 5 pequeñas grandes ideas, la discusión no estuvo exenta de dudas (que en algunos casos, yo también compartía) por ejemplo, ¿cómo funcionan las tenias que son endoparásitos (¿tienen sistema digestivo si aparentemente ya está todo digerido? ¿respiran? ¿cómo?).

A raíz de esto (Paulina), con Corina conversamos sobre “los ladrillos” que construyen las grandes ideas. En ese sentido, qué tamaño tienen, cuáles son sus límites y cómo definir estos *ladrillos* con los estudiantes, fueron elementos que nos empezaron a llamar la atención. Tanto el uso de analogías, como el poder abstraer elementos comunes desde la comparación de ejemplos concretos (anatomía comparada o construcción de aviones de papel), parecen ser estrategias útiles para conseguir los *ladrillos* que forman la Gran Idea. Nuestra discusión nos llevó además, a pensar en las conexiones entre las Grandes Ideas, y en la progresión de aprendizajes que se puede lograr.

VIÑETA 3: Aplicando la Gran Idea (y las pequeñas Grandes Ideas también!): “¡Difícil ser Dios! ☹️”

La clase anterior habíamos construido en conjunto lo que, yo (Corina) pensaba, eran ciertas características básicas de los seres vivos. Eso me llevó a proponer, con cierto temor, el siguiente desafío:

“Escribí en la pizarra distintos hábitats: acuático (salado/ dulce; superficial/ profundo); terrestre (superficial/ bajo tierra), Huésped (adentro de otro ser vivo)). El desafío fue que inventaran un animal, lo más raro posible, que no exista, y que cumpliera con todas las condiciones conversadas para vivir. Les pasé plastilina [para que lo crearan], y les dije que debían completar una ficha, que incluyera: nombre común y científico, hábitat, costumbres y datos curiosos y una explicación de cómo obtenían materia y energía. Salimos a recreo. Cuando volvieron (y habiendo todos terminado), anoté en la pizarra: “Primer Congreso de Animales Inventados”. Cada grupo fue exponiendo su animal” (HC-P)

Así fuimos conociendo diversos especímenes: el Vegato (*Felis acuasilvestris concolor*), un felino vegano que habita la mitad del año en tierra y la otra mitad, en el mar; el Sopapito (*Sopapitus ostium*), una especie de gusano marino que se alimenta a través de brazos en forma de sopapos; el Casibrí (*Rapidicence chernobílico*), que pretendía ser un colibrí común, pero producto de la radiación de Chernobyl, generó 4 patas y dos alas; Gary (*Espherium luxaltitudo*), un ser muy extraño, que habita en uno de los 7 planetas similares a la Tierra descubiertos por la NASA y el Pez Gato de Pascua (*Ikalarus chilensis*), alias Pablo, un pez chileno, ciego, que habita a 5000 mts. de profundidad en los mares de Isla de Pascua. A continuación, algunos extractos de las fichas de los animales inventados:

“Hábitat: Marino extraterrestre.

Alimentación: Fotosíntesis y Pequeños animales (invertebrados) marinos.

Costumbres y datos curiosos: En caso de peligro, adopta forma de esfera. Esto ocurre gracias a su forma segmentada, lo cual le permite enquistarse. Posee prolongaciones lumínicas en forma de “antenas”, pudiendo gracias a esto, habitar profundidades marinas. Cuando el alimento escasea, es capaz de ir a la superficie y aprovechar los débiles rayos del sol para realizar fotosíntesis.....(Ficha Gary)



“...posee nula visión debido al ambiente en el que vive, donde no llega la luz solar, pero posee unos bigotes a nivel de la cara los cuales le sirven como ecolocalizadores para detectar a individuos cerca de él o estructuras cercanas (...) Se alimenta gracias a los animales que son arrastrados por la corriente o de menor movimiento que él, debido a que se mueve lentamente” (Ficha Pez Gato de Pascua)



A medida que cada grupo presentaba su creación, los demás íbamos haciendo preguntas, del tipo “¿Cuánto tiempo vive?”, “¿y cómo consigue oxígeno para respirar a tanta profundidad?”, “¿cómo regula la temperatura cuando se mete al mar?” lo que en algunos casos nos hizo reír (“Cuánto tiempo vive?- No sabemos, todavía no muere el primero”), pero en otros, puso realmente en jaque la “sobrevivencia” del animal, o lo adaptado o no que estaba al hábitat en donde supuestamente vivía, con lo cual cada grupo tuvo que hacer algunos “ajustes” a su creación. Al consultar qué fue lo que más les costó de la actividad, la mayoría de los estudiantes señala que fue el inventar algo “que no existiera” en base a fundamentos de cosas existentes, pensando de manera articulada y coherente en todas las características que el animal debía tener, para “sobrevivir” en su hábitat: “[lo que más me costó] fue relacionar conceptos biológicos clave para generar un organismo que pueda vivir”; “lo que más nos costó fue pensar en todas las características y necesidades del animal dependiendo de su medio y lograr que fuera lo más eficiente posible”; “Diseñar un animal que fuera capaz de sobrevivir y lograr que sus sistemas fueran coherentes (difícil ser Dios ☹️)” (TS).

A la distancia, puedo visualizar que en esta actividad sucedieron dos cosas interesantes. Por un lado, los estudiantes se entretuvieron y fueron muy creativos, y a pesar de lo lúdico de la actividad, se comprometieron mucho en tratar de responder a los requerimientos para mantener a su creación “con vida”. Por otro lado, la actividad realmente los desafió y los forzó a pensar la manera en que los diferentes sistemas se relacionaban entre

sí: “Fuimos seguros hacia adelante creyendo que teníamos (por lo menos visto hasta la fecha) todas las características necesarias para que Pablo pueda sobrevivir. Al exponer nos dimos cuenta que muchas características que nosotros le dimos, terminaron jugando más en contra que a favor. Tras unas cuantas correcciones logramos darle algunas características para que al menos, se mantuviera con vida” (HC-E)

Recuerdo (Paulina) que cuando Corina me contó de esta actividad una de mis preguntas tenía relación con la idea de *necesidad* y cómo puede llevar a generar errores conceptuales, por ejemplo, cuando se habla de evolución. Si pensamos en qué características “necesitan” desarrollar los organismos para sobrevivir en un ambiente determinado, estamos, de alguna forma, haciendo alusión a que los organismos (de manera individual) desarrollan características bajo “su voluntad” lo que podría generar preconcepciones a la hora de entender los procesos de la Teoría de la Evolución. Usualmente al enseñar los sistemas biológicos se usan palabras como “necesidad” o “este órgano es para esta función” en una lógica de finalidad, por eso, es que nos propusimos estar conscientes de nuestro lenguaje para enseñar, y así evitar la generación de concepciones alternativas.

VIÑETA 4: Ampliando la Gran Idea: la Fotosíntesis como punto de partida

En este tercer momento, les recordé (Corina) a los estudiantes las Pequeñas Grandes Ideas a las que habíamos llegado, y les pregunté si estas ideas también se aplicaban a las plantas. Teníamos un esquema que indicaba: *Materia* → *Sistema de transformación de materia grande a chicasimilarable (PGI1)* → *Sistema de distribución de materia (PGI2)* → *Proceso que extrae energía de la materia (PGI3)* → *Sistema de intercambio gaseoso (PGI4)* (FP). Al encontrar los estudiantes que la primera idea no aplicaba, porque las plantas *elaboraban su propio alimento*, los desafíe a que entendiéramos cómo funciona la Fotosíntesis. Llegaron a la siguiente idea: “**Fotosíntesis: Proceso de transformación de energía lumínica en energía química, y de materia inorgánica a orgánica**” (PGI6).

Al consultar acerca de si las PGI 2,3 y 4 aplicaban a las plantas, surgió en algunos una confusión inicial entre respiración y fotosíntesis, y la duda- rápidamente entre ellos mismos aclarada- de si las plantas necesitaban o no oxígeno, luego de lo cual se concluyó que las PGI 2,3,4, sí aplicaban a las plantas. No obstante, surgió la duda de qué pasaba con los árboles en otoño. Frente a ello, una estudiante explicó las diferencias de crecimiento entre estaciones del año y la formación de anillos en los troncos.

A esta clase siguieron varias otras, en donde abordamos, a través de la escritura de un cuento el ciclo del carbono, y los estudiantes fueron completando su *animal inventado* con otros sistemas, que lo hicieran más viable (sistema nervioso, excretor, locomotor, etc). Finalmente llegamos a simular un ecosistema en donde las distintas creaciones interactuaban entre sí con nuevas creaciones (principalmente plantas) y en donde había que explicar cómo fluía la materia y la energía.

VIÑETA 5: Compartiendo el trabajo con Grandes Ideas: aprendiendo de los colegas y de los estudiantes

Algunas semanas después de las clases descritas, me animé (Corina) a escribir una Historia de clase y a compartirla en nuestro grupo de reflexión PRETeC. Justo tres de los estudiantes participantes del curso habían comenzado a asistir al grupo, y les propuse que ellos escribieran una historia de la misma clase, y la presentáramos juntos. Primero ellos leyeron su historia (que conocí en ese momento) y a continuación, yo leí la mía. Fue interesante conocer el punto de vista de los estudiantes sobre la clase que habíamos vivido juntos. Lo primero que emergió en la discusión fue el hecho de haber usado plasticina. Un colega (también profesor de didáctica, pero además del Liceo) señalaba que no se atrevería a hacer eso en sus clases (estando inmersos en el escenario tradicional universitario), pero que encontraba “*potente el arriesgarse*”. Yo había confesado que compartía el temor del colega, que la actividad realizada se “*infantilizará*” y no se generaran los aprendizajes esperados. No obstante, uno de los estudiantes señaló: “*La jugada arriesgada de la profe... me da como la seguridad de que una persona que está tan preparada y que siente ese temor, es decir, que yo en realidad podría hacerlo igual (...) si ella lo logró, yo también podré lograrlo, entonces me da como un ejemplo*”(SP-E).

Luego discutimos respecto de los aprendizajes logrados por los estudiantes. En el ámbito disciplinar, y si bien reconocieron que habían visto sistemas en varios cursos de biología, señalaron que nunca habían abordado la relación que había entre ellos: “*(...) lo sabíamos pero no sabíamos cómo aplicar – que por ejemplo, el sistema respiratorio, de una u otra forma estaba relacionado con el sistema excretor*”; “*si no hubiéramos tenido una actividad así, habríamos seguido pensando que todo era parcelado, y hubiéramos enseñado igual no más*” (SP-E). En

el ámbito del conocimiento didáctico, valoraron el hecho de que usando materiales sencillos se pudieran generar aprendizajes.

Finalmente, traté de expresar qué es lo que hizo atreverme a realizar esta actividad: “*yo creo que es la confianza (...) me estoy dando cuenta que estoy empezando a desarrollar como una especie de confianza genérica en el conocimiento del otro (...). Siento que mi rol ahora es más como de tirar la pelota inicial y dejar que rebote entre ellos [los estudiantes]. Yo me hago a un lado, y anoto un par de cosas. Es como de ser espejo, una cuestión así, más que yo estar entregando cuestiones*” (SP). Frente a ello, y después de una larga discusión acerca de los modelos didácticos y recordando otra clase que se había presentado en la sesión anterior, uno de los colegas señaló que estábamos frente a un “modelo didáctico *pretequense*”³, el cual tenía dos pilares fundamentales: *la confianza* que sentimos los profesores en los estudiantes (y en nosotros mismos), y – producto de esa misma confianza- el que en nuestro modelo, el estudiante es el que tiene que *hacer*. El mismo colega nos invitó a terminar con la siguiente reflexión: *Cuánto confiamos? ¿Confiamos o no en nuestros alumnos? ¿Es necesario conocer a nuestros alumnos para confiar en ellos?* Terminando la sesión con el siguiente diálogo:

P1: *Lo kamikaze del modelo pretequense es confiar en los alumnos antes de conocerlos, yo creo que eso es clave.*

P2: *Yo creo que no es kamikaze. Yo creo que no es un riesgo. Es una estrategia.*

P3: *No será que nosotros estamos tratando de instalar una enseñanza más humana? ...”*

PRETeC para Corina y para mí (Paulina) es una instancia que también trabaja en función de la confianza. Este es un espacio donde todos compartimos nuestras experiencias de aula en el formato de Historias de Clase que nos leemos y comentamos. En ese contexto, nos decimos, con mucha libertad y cariño, todas las recomendaciones y retroalimentación que veamos como oportuna (aunque algunas de ellas sean más críticas) ya que confiamos en el poder de revisar la experiencia, no solo por uno mismo, sino que también con otros, en un espacio donde todos podamos aprender.

Discusión

El presente trabajo tenía un doble objetivo: por un lado, comprender cómo se traduce en la práctica el trabajo con grandes ideas, y cuál es la contribución que el trabajo con Grandes Ideas puede hacer a la formación inicial de docentes de ciencia. Por otro lado, nos interesaba comprender qué aprendimos – en nuestra condición de formadoras- sobre las implicaciones y condiciones que facilitan el trabajo con grandes ideas, así como cuáles aspectos fueron clave en ese aprendizaje.

En relación a lo primero (cómo trabajar con grandes ideas), podemos señalar que es posible construir con los estudiantes una Gran Idea, a partir de la generación de *pequeñas Grandes Ideas* que emergen del análisis de ejemplos concretos. En este caso, el comparar la anatomía y fisiología de diferentes organismos, permitió a los estudiantes llegar a abstraer los procesos que ocurren, generando una explicación que va más allá del caso particular analizado. A su vez, estas pequeñas Grandes Ideas se vincularon una a otra de manera secuencial, permitiendo generar un andamiaje para la comprensión de la Gran Idea, entendida en este caso como la necesidad de materia y energía por parte de los seres vivos y la comprensión de los diversos mecanismos que se presentan para su obtención. Una vez construida la Gran Idea, es necesario aplicarla, lo que en este caso, fue dado a través de la creación de un animal inexistente que forzó a integrar todas las pequeñas Grandes Ideas anteriores. Lo anterior se relaciona con lo reportado en la literatura sobre la relación entre las Grandes Ideas y la progresión del aprendizaje. En ese sentido, las Grandes Ideas ofrecen un sistema poderoso de explicaciones científicas sobre el mundo a nuestro alrededor, mientras que las progresiones de aprendizaje desarrollan la sofisticación del entendimiento de esa Gran Idea como una red interconectada (Plummer & Krajcik, 2010). Para nosotras, esta investigación nos acerca a la construcción de esta red interconectada de grandes ideas, permitiendo así, la sofisticación de la Gran Idea no solo para los estudiantes, sino también para nosotras.

En relación al aprendizaje logrado por los estudiantes, se generó una comprensión mucho más integrada

³ Propio de PRETeC, nuestro grupo de reflexión

del ser vivo y los sistemas que lo hacen viable, atendiendo a los principales errores que se generan con la típica forma de enseñar este tópico. De alguna forma, y relacionado con lo dicho por Maturana y Varela (1984), se realiza el comprender al organismo como un sistema y su símil con la sociedad para poder entender el conocimiento biológico como una red interconectada aplicable en otros contextos.

Con respecto al segundo objetivo (con foco en nuestro propio aprendizaje), podemos señalar que aprendimos que el tener claro cuál es la Gran Idea a enseñar, permite realizar clases menos planificadas/rígidas y más pertinentes/flexibles a las necesidades emergentes de los estudiantes. El proponerse como objetivo la enseñanza de una Gran Idea nos permite correr riesgos. A su vez, esta flexibilidad nos permitió comprender la importancia de escuchar a los estudiantes, y por sobre todo, de confiar en ellos. Como lo expuesto por Mitchell et al., (2016), donde proponen que la enseñanza en base a Grandes Ideas de la ciencia es pedagógicamente poderosa para los profesores ya que les permite un conocimiento más profundo y una conexión entre diferentes actividades. Así como también, puede servir para conectar otros contenidos de otras disciplinas científicas (Cartier & Pellathy, 2009).

El compartir nuestra experiencia con colegas y estudiantes nos permitió visualizar las clases desde otras perspectivas. Este *Espacio Híbrido de Aprendizaje*⁴, en donde convivimos docentes con diferentes grados de experiencia y de formación, se vuelve un espacio indispensable y vital, cuando el objetivo es aprender de la práctica. El espacio híbrido de aprendizaje, además, sirve como una plataforma donde se mezcla el conocimiento de la práctica y la teoría, donde se negocia el conocimiento de diferentes comunidades y desde donde emerge un nuevo discurso, a propósito de la conexión teoría-práctica, que podría entenderse como una nueva comprensión (Moje, et al., 2004 en relación al “Tercer Espacio”)

Respecto del proceso de autoestudio mismo, cabe relevar la importancia del registro de lo ocurrido y de las reflexiones generadas en una bitácora, así como el registro a través de fotografías de lo realizado por los estudiantes, y de las discusiones plasmadas en la pizarra. Del mismo modo, el contar con un amigo crítico con quien discutir las clases permite un diálogo permanente, una suerte de espejo que promueve la reflexión, de maneras que no son posibles de realizar en solitario.

Conclusión

Queremos destacar dos elementos relevantes para nosotras que surgen desde la discusión en torno a la práctica (Corina en el aula; Paulina en el doctorado). El primero se relaciona con cómo el diálogo entre la práctica y la teoría ha generado en nosotras una nueva comprensión de la enseñanza de las Grandes Ideas, y de los espacios de formación, tanto inicial como continuo. El segundo elemento, es la incorporación de las emociones dentro del aula, lo que hemos ido aprendiendo con PRETeC y en nuestra misma relación profesional, lo que se ha podido reflejar en las clases (Corina) y en la propuesta de investigación (Paulina). Finalmente, el ejercicio de revisar, reflexionar, compartir y discutir nuestras prácticas nos ha llevado a replantear nuestro rol como investigadoras y formadoras que esperamos pueda verse reflejado en nuestros distintos campos de acción en relación a la investigación de la enseñanza de las ciencias en Chile.

El artículo original fue recibido el 6 de agosto de 2017

El artículo fue aceptado el 27 de abril de 2018

⁴ Concepto que acuñamos en el contexto de mi programa de doctorado (Paulina) en conjunto con Corina y otro colega.

Referencias

- Adams, R. J., Wilson, M., & Wang, W. C. (1997). The multidimensional random coefficients multinomial logit model. *Applied Psychological Measurement*, 21, 1–23.
- Allen, N. L., & Carlson, J. E. (1987). *Scaling Procedures*. In A. E. Beaton (Ed.), *The NAEP 1983-1984 technical report*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Allen, N. L., Carlson, J. E., & Donoghue, J. R. (2001). Overview of part II: the analysis of 1998 NAEP data. In N. L. Allen, J. R. Donoghue, & T. L. Schoeps (Eds.), *The NAEP 1998 Technical Report* (pp. 143–160). Washington, D. C.: National Center for Education Statistics.
- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Beaton, A. E. (1987). *Implementing the new design: The NAEP 1983-84 technical report*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Birnbaum, A. (1968). Some latent trait models and their use in inferring an examinee's ability. In F. M. Lord & M. R. Novick (Eds.), *Statistical theories of mental test scores*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Bradlow, E. T., Wainer, H., & Wang, X. (1999). A Bayesian random effects model for testlets. *Psychometrika*, 64, 153–168.
- Brandt, S. (2006). Exploring bundle dependencies for the embedded attitudinal items in PISA 2006. Presented at the 13th meeting of the International Objective Measurement Workshop (IOMW), Berkeley, CA.
- Brandt, S. (2008). Estimation of a Rasch model including subdimensions. In M. von Davier & D. Hastedt (Eds.), *IERI Monograph Series. Issues and Methodologies in Large-Scale Assessments* (Vol. 1, pp. 51–70). Princeton, NJ: IEA-ETS Research Institute.
- Brandt, S. (2010). Estimating tests including subtests. *Journal of Applied Measurement*, 11, 352–367.
- Brandt, S. (2012a). Definition and Classification of a Generalized Subdimension Model. Presented at the 2012 annual conference of the National Council on Measurement in Education (NCME), Vancouver, BC.
- Brandt, S. (2012b). Robustness of multidimensional analyses against local item dependence. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 54, 36–53.
- Brandt, S. (2016). *Unidimensional Interpretation of Multidimensional Tests* (Doctoral dissertation). University of Kiel, Kiel. Recuperado de http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00006439/Brandt_Dissertation_v1.00.pdf
- Brandt, S., & Duckor, B. (2013). Increasing unidimensional measurement precision using a multidimensional item response model approach. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55, 148–161.
- Brandt, S., Duckor, B., & Wilson, M. (2014). A utility-based validation study for the dimensionality of the performance assessment for california teachers. Presented at the 2014 annual conference of the American Educational Research Association (AERA), Philadelphia, PA.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- de la Torre, J., & Song, H. (2009). Simultaneous estimation of overall and domain abilities: A higher-order IRT model approach. *Applied Psychological Measurement*, 33, 620–639.
- Donahue, P. L., & Schoeps, T. L. (2001). Assessment frameworks and instruments for the 1998 national and state reading assessments. In N. L. Allen, J. R. Donoghue, & T. L. Schoeps (Eds.), *The NAEP 1998 Technical Report* (pp. 255–268). Washington, D. C.: National Center for Education Statistics.
- Gibbons, R. D., & Hedeker, D. (1992). Full-information item bi-factor analysis. *Psychometrika*, 57, 423–436.
- Holzinger, K. J., & Swineford, F. (1937). The bi-factor method. *Psychometrika*, 2, 41–54.
- Kiefer, T., Robitzsch, A., & Wu, M. (2015). TAM: test analysis modules (Version 1.3) [R]. Recuperado de <http://cran.r-project.org/package=TAM>

- Li, Y., Bolt, D. M., & Fu, J. (2006). A comparison of alternative models for testlets. *Applied Psychological Measurement*, 30, 3–21.
- Lunn, D. J., Thomas, A., Best, N. G., & Spiegelhalter, D. J. (2000). WinBugs - A Bayesian modelling framework: Concepts, structure, and extensibility. *Statistics and Computing*, 10, 325–337.
- Martin, M. O., & Mullis, I. V. S. (2012). *Methods and procedures in TIMSS and PIRLS 2011*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Monseur, C., Baye, A., Lafontaine, D., & Quittre, V. (2011). PISA test format assessment and the local independence assumption. *IERI Monograph series—Issues and Methodologies in Large Scale Assessments*, 4, 131–158.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2007). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion [Test theory and questionnaire construction]*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- OECD. (2005). *PISA 2003 technical report*. Paris: OECD.
- OECD. (2012a). *PISA 2012 assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. OECD Publishing.
- OECD. (2012b). *PISA 2012 technical report*. Paris: OECD.
- OECD. (2014). *PISA 2012 results: what students know and can do (Vol. 1, revised edition)*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD, O. for E. (2004). *The PISA 2003 assessment framework: mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. OECD Publishing.
- Rasch, G. (1980). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rijmen, F. (2010). Formal relations and an empirical comparison among the bi-factor, the testlet, and a second-order multidimensional IRT model. *Journal of Educational Measurement*, 47, 361–372.
- Rost, J. (1996). *Lehrbuch Testtheorie, Testkonstruktion [Textbook test theory, test construction]*. Bern; Göttingen; Toronto; Seattle: Verlag Hans Huber.
- Sheng, Y., & Wikle, C. K. (2008). Bayesian multidimensional IRT models with a hierarchical structure. *Educational and Psychological Measurement*, 68, 413–430.
- Tuerlinckx, F., & De Boeck, P. (2001). The effect of ignoring item interactions on the estimated discrimination parameters in item response theory. *Psychological Methods*, 6, 181–195.
- Von Davier, M., Gonzalez, E., & Mislevy, R. (2009). What are plausible values and why are they useful. *IERI Monograph Series*, 2, 9–36.
- Wainer, H., Bradlow, E. T., & Wang, X. (2007). *Testlet response theory and its applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wang, W.-C., & Wilson, M. (2005). The Rasch testlet model. *Applied Psychological Measurement*, 29, 126–149.
- Wu, M. L., Adams, R. J., & Wilson, M. R. (1998). *ACER ConQuest: generalized item response modeling software*. Melbourne, Australia: Australian Council for Educational Research.
- Yen, W. M. (1984). Effects of local item dependence on the fit and equating performance of the three-parameter logistic model. *Applied Psychological Measurement*, 8, 125–145.
- Yen, W. M. (1993). Scaling performance assessments - strategies for managing local item dependence. *Journal of Educational Measurement*, 30, 187–213.
- Yung, Y.-F., Thissen, D., & McLeod, L. D. (1999). On the relationship between the higher-order factor model and the hierarchical factor model, 64, 113–128.