

# **EL OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO COMO OBJETO DE REFLEXIÓN PARA LA ACTIVACIÓN DEL CAMBIO DIDÁCTICO EN DOCENTES DE CIENCIAS EN EJERCICIO**

**Ainoa Marzábal<sup>1</sup>, Cristian Merino<sup>2</sup>, Alejandro Rocha<sup>3</sup>,**

[ainoamb@ucsc.cl](mailto:ainoamb@ucsc.cl) , [cristian.merino@ucv.cl](mailto:cristian.merino@ucv.cl) , [alejandrrochanarvaez@gmail.com](mailto:alejandrrochanarvaez@gmail.com)

<sup>1</sup>*Facultad de Educación, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Alonso de Córdoba 2850, Concepción, Chile*

<sup>2</sup>*Laboratorio de Didáctica de la Química, Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Ave. Universidad 330, Valparaíso, Chile*

<sup>3</sup>*Colegio Aurora de Chile, Chiguayante.*

## **Resumen**

Para activar el proceso de cambio didáctico en un grupo de profesores de ciencias naturales se facilitan espacios de reflexión en que los profesores tomen consciencia de sus obstáculos epistemológicos. Para ello se realizan actividades que van llevando progresivamente a los profesores desde el propio contenido científico hasta su enseñanza, tomando la osmosis como ejemplo paradigmático. En este trabajo presentamos la metodología de trabajo docente y un análisis de las implicaciones que tuvo para los docentes el reconocimiento de sus propios obstáculos como una oportunidad para cambiar sus prácticas docentes.

El presente artículo se enmarca en los proyectos Fondecyt 11110065 y 1130759, que han derivado de una línea de investigación y desarrollo iniciada en el 2011 entre la UCSC y la PUCV, sobre el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje innovadoras en ciencias. En este artículo damos a conocer nuestras directrices y propuestas de trabajo entorno al diseño y producción de materiales para la enseñanza de las ciencias y el desarrollo profesional docente.

**Palabras clave:** Educación científica, Formación continua de profesores, Desarrollo de la educación

## **THE EPISTEMOLOGICAL OBSTACLE AS AN OBJECT OF REFLECTION TO ACTIVATE THE 'EDUCATIONAL CHANGE' OF IN-SERVICE SCIENCE TEACHERS**

### **Abstract**

To activate the process of educational change in a group of science teachers reflection opportunities are generated in which teachers become aware of their epistemological obstacles. That is gradually achieved leading teachers through activities ranging from the scientific content to their teaching, taking the osmosis as a paradigmatic example. In this paper we present the methodology of teaching work and an analysis of the implications that it had for teachers to recognize their own obstacles as an opportunity to change their teaching practices.

This article is part of FONDECYT projects 11110065 and 1130759, which were derived from a research and development work initiated in 2011 between the UCSC and PUCV on designing innovative teaching and learning sequences in science. In this article we present our working guidelines and proposals related to the design and production of materials for science education and teacher professional development.

**Keywords:** Science education, Inservice teacher education, Educational development terms

## **L'OBSTACLE ÉPISTÉMOLOGIQUE COMME OBJET DE REFLEXION POUR L'ACTIVATION DU 'CHANGEMENT DIDACTIQUE' DES ENSEIGNANTS DE SCIENCES EN EXERCICE**

### **Résumé**

Pour activer le processus de changement didactique dans un groupe de professeurs de sciences des occasions de réflexion sont données dans lesquels les enseignants prennent conscience de leurs obstacles épistémologiques. Les activités atteignent

progressivement les professeurs du contenu scientifique à l'enseignement, en prenant l'osmose comme un exemple paradigmatique. Dans cet article, nous présentons la méthodologie de travail avec les enseignants et une analyse des répercussions de la reconnaissance de leurs propres obstacles comme une occasion de changer leurs pratiques d'enseignement. Cet article fait partie des projets FONDECYT 11110065 et 1130759, qui proviennent d'une recherche et développement initié en 2011 entre l'UCSC et PUCV, sur le design de séquences novatrices d'enseignement et d'apprentissage en sciences. Dans cet article, nous présentons nos directrices de travail et des propositions autour de la conception et la production de matériaux pour l'enseignement des sciences et le développement professionnel des enseignants.

**Mots clés:** Education en Sciences, La formation des enseignants en cours d'emploi, Développement de l'éducation

## 1. INTRODUCCIÓN

Al proponer un modelo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, uno de los desafíos es validarlo experimentalmente, es decir, recabar evidencias de que implementarlo en el aula produce un impacto positivo en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Porlán, 1998; Rodríguez y Larios, 2008).

Cuando nos referimos a modelo didáctico, lo definimos como “una construcción teórico – formal que, basado en supuestos científicos e ideológicos, pretende interpretar la realidad escolar y dirigirla hacia unos determinados fines educativos” (Cañal y Porlán, 1987: 92).

Para ello es necesario contar con un grupo de docentes que se hayan apropiado del modelo didáctico y que sean capaces de implementarlo en el aula. En este caso, la condición necesaria para poder validar un modelo didáctico teórico se convierte a su vez en una tarea compleja: lograr un cambio didáctico permanente en el profesor que lo lleve a nuevas prácticas docentes donde ponga en práctica el modelo didáctico propuesto.

En virtud de lo anterior llevamos a cabo un trabajo de talleres de reflexión con un grupo de profesores de ciencias naturales, con el propósito de promover en ellos un cambio didáctico permanente.

Wamba y Jiménez presentan evidencias de que lograr este cambio didáctico en el conocimiento profesional de un profesor es una tarea compleja, ya que se trata de un sistema de ideas con distintos niveles de concreción y articulación, en la que subyacen concepciones muy arraigadas, y por tanto resistentes al cambio (Wamba y Jiménez, 2003). Para estos autores lograr la movilización de este sistema de creencias de los profesores debe pasar por la caracterización de sus modelos didácticos personales, y a partir de ellos inferir obstáculos significativos que guíen la reflexión sobre su propia acción, y la toma de decisiones para facilitar el desarrollo profesional.

Iniciamos la tarea de caracterizar la epistemología profesional (Porlán, 1989) del grupo de profesores a partir de un cuestionario, una entrevista semiestructurada y la observación de una de sus clases.

A continuación debíamos iniciar el diseño de los talleres a realizar con los profesores. Para ello consideramos que “no se pueden plantear líneas genéricas de formación que no sean sentidas como necesidades propias por los docentes a los que va dirigida” (de Pro, 1998:16). Para Mellado

(2003) debe producirse una insatisfacción en las concepciones y creencias del profesor para promover el cambio didáctico, y esto puede lograrse si los docentes reconocen los obstáculos a los que se enfrentan en su práctica docente. Este escenario nos pareció una oportunidad para promover esta insatisfacción acudiendo a los obstáculos de diversos tipos (epistemológicos, didácticos y pedagógicos) que habíamos observado en sus clases, y de los que no parecían ser conscientes.

De todos estos obstáculos nos centramos en los epistemológicos. Esta decisión se fundamenta en los resultados de diversas investigaciones en Didáctica de las Ciencias, que muestran que en el aprendizaje de los contenidos científicos los estudiantes se encuentran con dificultades, relacionados con factores internos y externos (Pozo y Gómez-Crespo, 1998; Oliva, 1999; Carrascosa, 2005, Porlán y Martín del Pozo, 2004). De todos estos elementos se considera que el docente es la pieza clave (Guskey, 2002), ya que puede favorecer la reelaboración conceptual, logrando un acercamiento al conocimiento científico, como también fortalecer ideas incorrectas u originar nuevas ideas erróneas (Núñez, Pereira, Maturano y Mazzitelli, 2007).

Es por ello que el trabajo del primer taller de reflexión docente (TDR), que es en el que situamos este trabajo, se centró en los obstáculos epistemológicos de los profesores. Para el desarrollo de la metodología de trabajo docente nos basamos en la propuesta de Furió y Carnicer (2002), dado que para estos autores el conocimiento de la materia que se quiere enseñar es también el primer paso a abordar, ya que es el primer impedimento para el cambio didáctico (Tobin y Espinet, 1989).

Lograr que los docentes tomen consciencia de estos obstáculos epistemológicos no es una tarea sencilla, dado que puede ser contraproducente plantearlo como un conflicto cognitivo explícito entre lo que piensa y hace el profesor, y lo que está mostrando la investigación disciplinar o didáctica (Furió y Carnicer, 2002). Como indica Bell (1998) el cambio tiene que ser una reestructuración del pensamiento docente, que sea percibido por el profesor como desarrollo personal y profesional con el propósito de mejorar su enseñanza, y no como una medida remedial para dejar de cometer *errores*.

No se trata entonces de que el experto le señale al docente sus *errores*, sino que promueva una discusión dentro del grupo de profesores que los lleve a darse cuenta de que hay diferentes puntos de vista en la manera de explicar un mismo fenómeno, y se empiece a discutir la pertinencia de cada una de estos puntos de vista.

Para ello elegimos el caso de una profesora que abordaba el t3pico de la osmosis, como ejemplo paradigm3tico a trav3s del cual esper3bamos que el resto de profesores, m3s que se3alar los *errores* de su colega, se vieran reflejados en su acci3n y por tanto transfirieran la reflexi3n desde la pr3ctica de esta profesora hacia su propia pr3ctica.

En resumen, dise3amos una metodolog3a de trabajo docente en la cual a partir de la reflexi3n en torno a los obst3culos epistemol3gicos de la profesora se espera que se produzca una toma de consciencia de los propios obst3culos, llevando a los profesores a cierto grado de insatisfacci3n que logre activar el cambio did3ctico. Esta insatisfacci3n no tiene como prop3sito el conflicto cognitivo o la sustituci3n de las creencias del profesorado, sino m3s bien el enriquecimiento de las mismas.

Es as3 que el objetivo de este art3culo es dar a conocer de qu3 manera el trabajo de reflexi3n realizado con los profesores en torno a la osmosis logra enriquecer sus modelos conceptuales, y que tomen consciencia de sus obst3culos epistemol3gicos, provocando un desequilibrio en el dominio que creen tener de los contenidos, reconociendo sus necesidades formativas como etapa inicial del cambio did3ctico.

## 2. MARCO TE3RICO

A continuaci3n desarrollamos los referentes te3ricos que fundamentan este trabajo considerando la formaci3n continua de profesores de ciencias experimentales, el trabajo a partir del obst3culo como estrategia que podr3a ser 3til en la formaci3n continua de profesores, y finalmente los obst3culos epistemol3gicos y representaciones asociados a la osmosis.

### 2.1. Formaci3n continua de profesores de ciencias experimentales

Como ya hemos mencionado, el rol del profesor es clave para que los estudiantes logren superar las dificultades a las que se enfrentan en la ense3anza de las ciencias, y para ello, desde la d3cada de los ochenta, el inter3s de la investigaci3n sobre el profesorado se ha ido focalizando en el estudio de su pensamiento y de su formaci3n, como fundamentos de la acci3n docente (Praia y Cachapuz, 1994; Porl3n y Rivero, 1998; Quintanilla *et al.*, 2010).

Tradicionalmente se ha propuesto un modelo *sumativo*, es decir, un modelo de formaci3n inicial y continua de profesores basada en una buena formaci3n disciplinar, y una formaci3n psicopedag3gica general (Furi3 et al., 1992). Sin embargo numerosos trabajos de investigaci3n muestran que es dif3cil que los profesores sepan adaptar estrategias que se presentan en abstracto a su materia y situaci3n de aula espec3ficos (McDermott, 1990; Shulman, 1992; Pesa y Cudmani, 1998).

Una de las posibles causas de esta situaci3n es que los cursos est3n dise3ados para transmitir los resultados de la investigaci3n educativa (Furi3, Gil y Gavidia, 1998), en lugar de promover que los profesores participen en la construcci3n de nuevos conocimientos did3cticos mediante un proceso de cuestionamiento de sus ideas previas sobre

la ense3anza y de lo que siempre se ha considerado obvio en la educaci3n.

Actualmente se propone que se implique a los profesores en un proceso de reflexi3n sobre su propia pr3ctica docente de forma que se les posibilite un an3lisis cr3tico de la misma, y al mismo tiempo, la adquisici3n de un marco te3rico en la Did3ctica de las Ciencias.

Assumiendo que el proceso de formaci3n debe implicar una reflexi3n cr3tica de sus propios materiales curriculares, y la elaboraci3n de nuevos materiales para el aula, se reconoce que una persona sola no puede tener todos los conocimientos y destrezas que se necesitan para desarrollar una ense3anza de calidad. Sin embargo, se puede tender a poseerlos a trav3s de un trabajo colectivo y continuado que permita que cada profesor, como componente de un grupo, vaya avanzando en su adquisici3n (Guisaola, Pintos y Santos, 2001).

As3 entonces, la formaci3n continua de profesores deber3a realizarse a partir de un trabajo colectivo de an3lisis cr3tico de la propia pr3ctica, logrando con ello crear una cierta insatisfacci3n que active el cambio did3ctico, a trav3s del cual los profesores logran apropiarse de elementos te3ricos de la did3ctica de las ciencias que pueden fundamentar su pr3ctica docente.

Si bien la insatisfacci3n es un paso necesario, no es suficiente por s3 mismo para promover el cambio did3ctico: las nuevas teor3as que se presentan a los docentes deben ser inteligibles, plausibles y 3tiles para la ense3anza y aprendizaje de las ciencias, para lograr movilizar las creencias de los docentes, cuya persistencia ya hemos mencionado.

3ste cambio debe ser conceptual, metodol3gico y actitudinal, logrando resolver los problemas a los que se enfrenta diariamente el profesorado en las aulas, a partir de la incorporaci3n de los nuevos modelos did3cticos que coexisten con los modelos anteriores, a pesar de que puedan haber contradicciones parciales, y que van progresando gradualmente, a medida que el docente va reflexionando y regulando su propia pr3ctica (Mellado, 2003).

Para Garc3a D3az (1995) el conocimiento profesional est3 en evoluci3n y reorganizaci3n continua, seg3n un proceso abierto e irreversible, en el que lo nuevo se elabora a partir de lo viejo, bien mediante peque3os ajustes del sistema (asimilaci3n, reestructuraci3n d3bil), bien por una reorganizaci3n m3s amplia (acomodaci3n, reestructuraci3n fuerte).

Entonces la formaci3n continua de profesores toma como punto de partida la experiencia docente del profesor y promueve su an3lisis cr3tico, de tal manera que se derive una cierta insatisfacci3n del profesor que puede apropiarse de referentes te3ricos de la did3ctica de las ciencias para lograr cambios significativos en su pr3ctica. Solamente cuando el profesor percibe las innovaciones como 3tiles para su labor docente, se activa el proceso que puede llevarle a un cambio did3ctico permanente que logre modificar sus concepciones y creencias.

## 2.2. El aprendizaje y los obstáculos epistemológicos

Así como en el ámbito científico el conocimiento se construye a través de los obstáculos y la crítica, Bachelard (1987) afirma que existiría un paralelismo entre el desarrollo histórico del pensamiento científico y la práctica de la educación. El punto que los relaciona es el obstáculo epistemológico.

Los obstáculos epistemológicos son dificultades psicológicas que no permiten una correcta apropiación del conocimiento objetivo. El obstáculo, para Bachelard, es una forma de conocimiento de la que nos cuesta mucho deshacernos. Si hay dificultad, esta consiste en evitar rechazar el uso del sentido común, en obligarnos a construir una respuesta elaborada cuando creemos disponer de una respuesta lista para pensar (Astolfi, 2011).

Estos obstáculos epistemológicos se constituyen como el *núcleo duro* de las representaciones o concepciones que presentan los estudiantes, entendidos como construcciones previas de explicación personal, alternativa y, por sobre todo, funcional. Se puede sostener que el obstáculo presenta un carácter más general y más transversal que la concepción: es lo que en profundidad la explica y la estabiliza, y corresponde a lo que se resiste verdaderamente a los aprendizajes y razonamientos científicos, y lo que provoca que diferentes representaciones, que se refieren a nociones sin vínculo aparente, puedan aparecer, tras un análisis, como los puntos de emergencia de un mismo obstáculo (Astolfi, 1994).

Para entender el carácter funcional de los obstáculos y comprender mejor las razones de su perduración en el estudiante es preciso considerar el obstáculo no como una entidad aislada, sino como parte de una red cuyos diferentes elementos se apoyan y refuerzan mutuamente: el obstáculo, el concepto pretendido (que corresponde al contrapunto lógico del que pretendemos que el estudiante se apropie), lo que el obstáculo impide comprender, la red de ideas asociadas (que explica la resistencia del obstáculo y justifica que el estudiante no lo abandone) y finalmente las condiciones de posibilidad que se han de producir para que la representación evolucione y el obstáculo pueda ser superado (Astolfi, 1994).

En la figura 1 representamos las relaciones entre estos elementos, junto con un ejemplo, propuestos por Astolfi (1994):

### Red de ideas asociadas que explican la resistencia del obstáculo

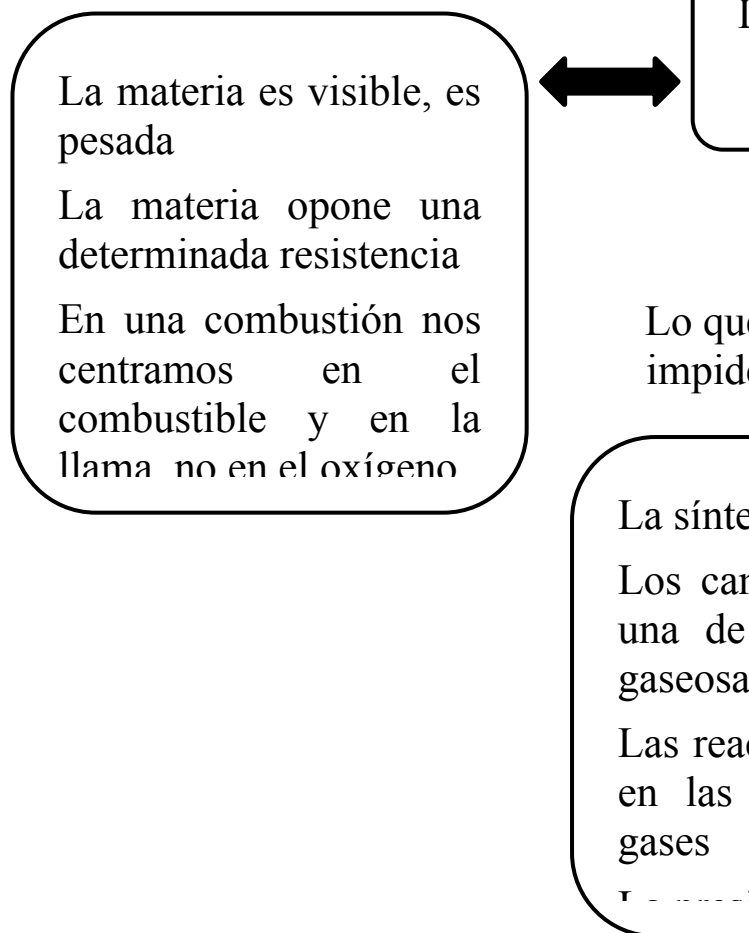


Figura 1: Esquema del funcionamiento conceptual de los obstáculos (Astolfi, 1994)

En el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales ha habido un buen número de investigaciones sobre las representaciones, como un tipo de *recursos cognitivos*, un “conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas que aprenden para razonar frente a situaciones – problema, que se traducen en una estructura mental subyacente responsable de estas manifestaciones contextuales” (Giordan y de Vecchio, 1988:91) que existen en la mente de los estudiantes, dotados de una naturaleza estable y que deben conocerse previamente al comienzo de cualquier curso (Giordan y de Vecchio, 1988). Esta noción es compatible con la propuesta de Astolfi, si asumimos que esta estructura mental subyacente corresponde a los obstáculos.

Sin embargo, conocer las representaciones de los estudiantes no es suficiente, sino que debe situarse el obstáculo en el corazón de los aprendizajes científicos, de tal manera que se den las condiciones didácticas necesarias para la superación real de los obstáculos por parte de los alumnos.

Tradicionalmente el obstáculo se ha entendido como un error, algo que en el contexto escolar se asume como algo

que hay que evitar o negar. En el modelo transmisivo el error, que se evalúa al término del proceso, es responsabilidad del alumno y debe ser castigado, mientras que en el modelo conductista el error se asocia a un defecto en la programación, que se modifica para poder así prevenir el error antes de que ocurra de nuevo. En el modelo constructivista, sin embargo, el error se entiende como algo positivo (es por ello que no se habla de error, sino de obstáculo), entendiendo que el obstáculo epistemológico se explica por una dificultad objetiva en la apropiación del contenido, y se debe trabajar *in situ*, esto es, durante el proceso de apropiación, para superarlo.

Es así que se ha llegado a comprender que, de la misma forma que los alumnos tienen preconcepciones que juegan un papel esencial en el proceso de aprendizaje, los profesores poseen una serie de concepciones, hábitos y actitudes docentes “de sentido común”, debidos a una larga impregnación ambiental durante el periodo en el que fueron alumnos. La influencia de esta formación “incidental” es enorme porque responde a experiencias reiteradas y se adquiere de forma no reflexiva como algo natural, obvio, de sentido común, escapando así a la crítica y convirtiéndose en un obstáculo (Gil, 1994).

Más allá de la evidente importancia de conocer cuáles son las representaciones tanto de estudiantes como de profesores, y dentro de ellas, los obstáculos epistemológicos que mediaran en el proceso de enseñanza y aprendizaje a desarrollarse en el aula, los estudios sobre las estrategias para la superación de obstáculos, sobre todo a través del conflicto cognitivo, han dado resultados dudosos (Astolfi y Peterfalvi, 1994).

La resistencia a la refutación hace que un contraejemplo sea insuficiente para superar un obstáculo epistemológico. Por tanto, será necesario considerar diversas etapas de trabajo; localización, fisuración y superación (Astolfi, 1994), las cuales explicitamos a continuación.

- **Localización del obstáculo:** consistente en una toma de conciencia de las propias representaciones, que en gran parte son implícitas. Un primer trabajo consiste en expresar y objetivar las representaciones mediante el uso de diversos significantes (escritos, gráficos, etc.) y en hacer evidente que en un colectivo aparecen sistemas interpretativos divergentes.
- **Fisuración del obstáculo:** se produce cuando se manifiesta una desestabilización conceptual mediante el conflicto sociocognitivo, es decir, la oposición entre puntos de vista o enfoques como motor fundamental del progreso intelectual.
- **Superación del obstáculo:** el proceso termina con un modelo explicativo alternativo que sea mentalmente satisfactorio, es decir, que sea interiorizado permitiendo activar nuevas herramientas conceptuales que se irán consolidando en la medida en que funcionen en contextos nuevos.

En síntesis, la superación de un obstáculo precisa varias operaciones intelectuales. Una parte de esta actividad requiere interacciones sociales con pares que activen

procesos de conflicto sociocognitivo, que logren desestabilizar las concepciones anteriores, pasando a continuación a la reestructuración conceptual hasta el uso automatizado del nuevo modelo.

En la medida en que los profesores conozcan sus propias representaciones, y reconozcan en ellas los obstáculos epistemológicos y los procesos necesarios para superarlos, pueden aplicar su experiencia para lograr que en sus aulas se realice este mismo proceso con sus alumnos, situando los obstáculos como un criterio orientador de la planificación de sus secuencias didácticas.

### 2.3. Representaciones y obstáculos epistemológicos para la osmosis

De entre todas las temáticas observadas en las prácticas de los profesores participantes el que aborda una temática que nos pareció más relevante fue la osmosis. Al respecto hemos encontrado antecedentes en la literatura que dan cuenta de que transporte en la membrana celular es un concepto de difícil comprensión, y a su vez un concepto básico, estructurante de la comprensión biológica (Rodríguez, 2002), como también una propiedad coligativa en química (Kind, 2008).

En una revisión de antecedentes relativos a las representaciones alternativas de estudiantes y profesores respecto de la osmosis, encontramos los primeros referentes en el estudio de Johnstone y Mahmoud (1980), en que estudiantes y docentes identifican la osmosis como uno de los temas de mayor dificultad.

Con mayor nivel de detalle, diversos estudios coinciden en identificar los siguientes obstáculos en las representaciones de los estudiantes, en relación al fenómeno de la osmosis (Friedler, Amir y Tamir, 1987; Zuckerman, 1994; Odom, 1995):

- Se usan deseo o necesidad para explicar los movimientos del agua (teleología y antropocentrismo)
- Se reconoce el concepto de concentración de agua, pero no se aplica en sus explicaciones
- Se identifican errores conceptuales acerca de la naturaleza del equilibrio
- Se identifican problemas para comprender las relaciones soluto/disolvente y concentración/cantidad
- No se establecen relaciones clave con el conocimiento de la Física y la Química subyacente a los seres vivos, lo que dificulta la comprensión de la estructura y funcionamiento celular.

### 3. METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo de investigación es explorar de qué manera, mediante un trabajo de reflexión colectiva, se logra activar el cambio didáctico de los profesores.

La naturaleza de esta investigación, en la que se priorizan las nociones de comprensión, significado y acción, la sitúa en un paradigma cualitativo (Latorre, del Rincón y Arnal, 2005), mediante un análisis de tipo interpretativo que busca

la intencionalidad de las acciones para la comprensión de un fenómeno (Galagovsky y Muñoz, 2002). La metodología usada es el estudio de casos para desarrollar abstracciones concretas y particulares referidas a la muestra analizada (Merriam, 1998), consistente en un grupo de profesores de ciencias naturales, con los que se realizan regularmente talleres de reflexión docente.

En todo caso la investigación no tiene el propósito de que la muestra represente a la población, y por tanto universalizar los resultados, sino que su intencionalidad apunta a la obtención de la máxima información y comprensión posible de un fenómeno: el desafío de las convicciones de los docentes en el contexto de un espacio de reflexión colectiva.

Para ello el trabajo considera varias etapas, que se presentan en la figura 2, y que se desarrollarán con mayor detalle a continuación.

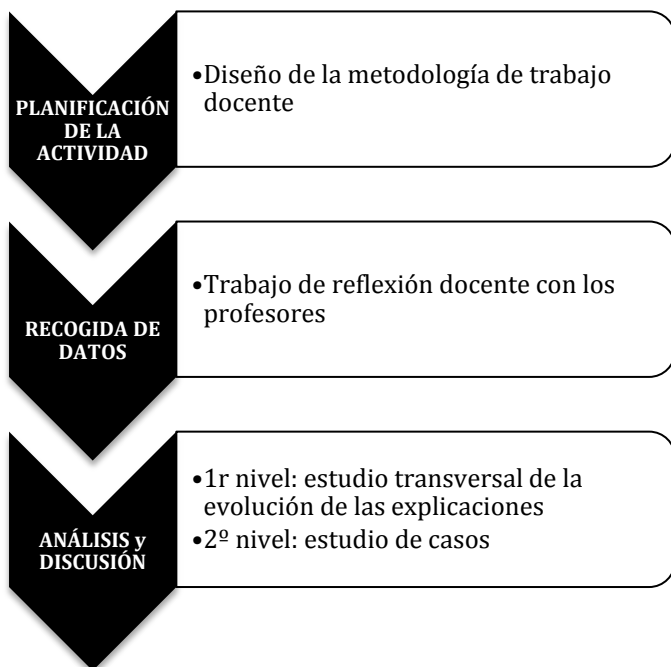


Figura 2: Diseño metodológico de la investigación

### 3.1 Metodología de trabajo docente

En coherencia con los antecedentes que hemos presentado en el marco teórico respecto de las etapas para la superación de los obstáculos epistemológicos, a continuación mostramos las diversas actividades que tienen como propósito la emergencia de las representaciones de los docentes y, junto con ellas, los obstáculos epistemológicos, de forma que ellos mismos los puedan localizar en el contexto de un espacio de reflexión grupal. Para ello planteamos un trabajo en diversas etapas:

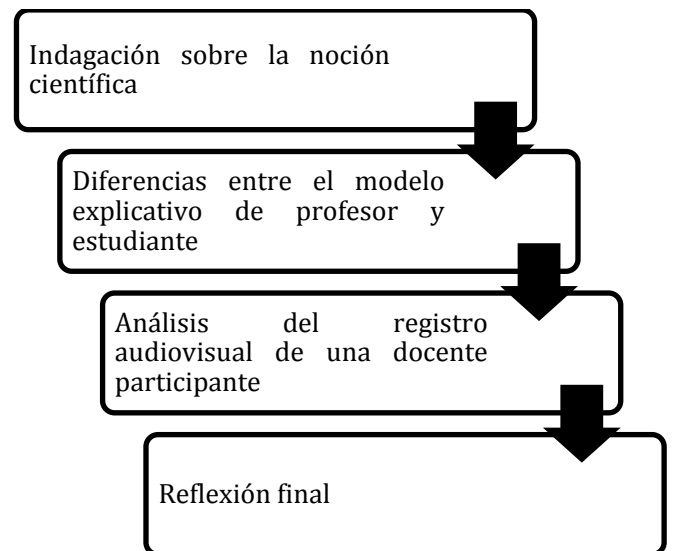


Figura 3: Metodología de trabajo docente

El diseño de estas actividades corresponde a una secuencia que toma como punto de partida la situación experimental, con la intención de que los docentes construyan explicaciones de este fenómeno. A continuación, sus explicaciones se contrastan primero con las de sus colegas, y a continuación con las de un estudiante, poniendo a los docentes en una situación de evaluación de los obstáculos del estudiante. Se espera que mediante este proceso de contrastación progresiva el docente logre analizar críticamente sus referentes explicativos, así como ir reelaborando su explicación logrando enriquecerla.

En este punto, la revisión de la clase de una de las docentes participantes constituye el espacio para la transferencia de la actividad realizada a la realidad profesional de cada uno de los docentes, con el propósito de que logren reflexionar finalmente sobre la necesidad de revisar sus propias representaciones para superar los obstáculos epistemológicos.

### 3.2 Trabajo de reflexión docente con los profesores

En el contexto del Taller de Reflexión se implementaron las actividades planificadas. El taller tuvo una duración de 180 minutos, y en él participaron seis docentes, especialistas en ciencias naturales, que desarrollan su labor docente en 7º y 8º básico (13 – 15 años).

El desarrollo individual de las actividades propuestas fue registrado por cada uno de los profesores en las guías de trabajo facilitadas, y la sesión fue grabada en audio, lo que nos permitió tener un registro de las discusiones grupales que tuvieron lugar.

### 3.3 Análisis de los datos

Para el análisis de las explicaciones desarrolladas por los docentes a lo largo de la sesión aplicamos la noción de tipo de explicación de Talanquer (2009). Esta propuesta se apoya en varios autores (Griffin y Baron-Cohen, 2002; Grotzer, 2003; Kelemen y Rosset, 2009; Lombrozo y Carey, 2006), quienes sugieren que la mayoría de las explicaciones se pueden clasificar en tres tipos:

- Causal o mecánica: que asume que los fenómenos se pueden explicar a partir de las propiedades de los participantes y sus interacciones.
- Funcional: que considera un propósito u objetivo de dichas entidades.
- Intencional: que considera que las entidades tienen creencias, deseos o intenciones que dirigen su comportamiento.

A partir del método de comparación constante Talanquer llegó a las categorías emergentes que permiten clasificar las explicaciones que dan los estudiantes al flujo osmótico, y validar dichas categorías mediante un proceso de evaluación por expertos.

Las categorías propuestas, ordenadas de más simple a más compleja, son las siguientes:

	Tipo	Descripción
No causal	Redescripción	El agua se mueve a través de la membrana de un lado a otro
	Funcional (teleológica)	El agua quiere o necesita fluir para tratar de igualar las concentraciones de azúcar
	Basada en la ley de la Osmosis	El agua se mueve de la zona de menor concentración a la de mayor concentración
Macrocausal	Interactivo	El azúcar cambia las propiedades de la disolución
Microcausal	Equilibrio estático	El agua pasa a través de la membrana y el azúcar no, moviéndose en un solo sentido hasta alcanzar el equilibrio osmótico
	Equilibrio dinámico	Movimiento al azar de las partículas en el sistema, de forma que hay el agua se mueve en ambos sentidos. Cuando ambos flujos se igualan se ha alcanzado un equilibrio dinámico

El desarrollo del análisis y discusión de resultados contempló dos etapas. En la primera etapa se aplicaron las categorías de Talanquer (2009) para la identificación del tipo de explicaciones que dan los docentes en cada una de las instancias propuestas en la metodología de trabajo docente. Esta primera etapa permite discutir en torno a la visión transversal de las explicaciones que van surgiendo en el contexto de cada una de las actividades propuestas, y

como las interacciones que se generan permiten hacer avanzar las explicaciones que van dando los profesores.

En la etapa dos, como segundo nivel de discusión, se realiza el seguimiento individual de las explicaciones que realiza cada uno de los docentes que participa en la actividad completa, logrando hacer un monitoreo de la evolución de sus explicaciones a lo largo del desarrollo de las actividades.

#### 4. RECOGIDA DE DATOS

A continuación presentamos las tareas propuestas en cada una de las actividades, cuyo desarrollo en el taller de reflexión docente dio lugar a los datos que hacen parte de este estudio.

##### ACTIVIDAD 1: Indagación sobre las nociones científicas que presentan los docentes (A1)

Se les presenta a los docentes una tarea que implica el estudio de un fenómeno discrepante, referido en la figura 4, aplicando la estrategia P-O-E (Predice, Observa y Explica).

Se les pide a los docentes que en primer lugar trabajen en forma individual en el experimento registrando sus explicaciones iniciales o predicción y dibujando una representación de las partículas de agua y de azúcar presentes en el embudo y el vaso de precipitados, y su movimiento a través de la membrana semipermeable, tal como lo harían en sus clases.

A continuación se visualiza un video en que tiene lugar el experimento, y se genera una discusión tratando de construir una explicación conjunta al fenómeno observado.

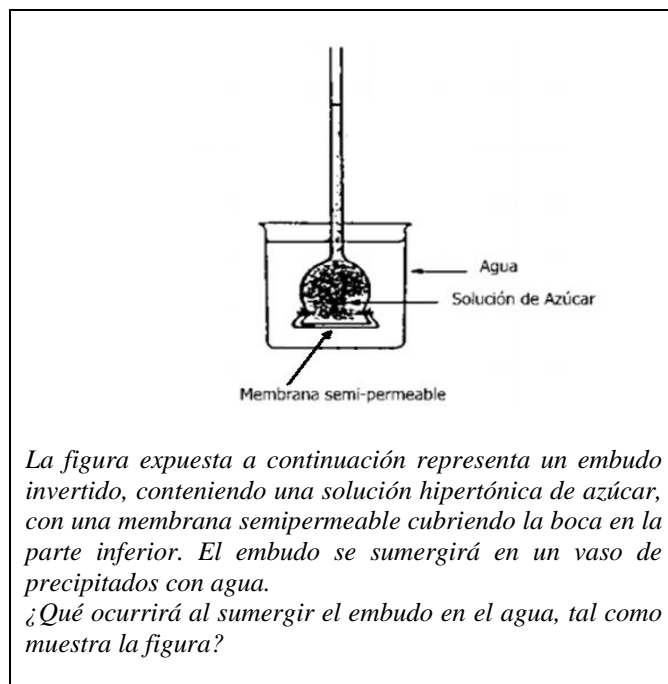


Figura 4: Actividad 1

##### ACTIVIDAD 2: Diferencias entre el modelo explicativo que presenta el profesor, con las que da un estudiante al mismo fenómeno (A2)

A continuación se presenta a los profesores el caso de la respuesta que da un alumno a la misma pregunta a la que ellos se han enfrentado. La respuesta, extraída de Hefferman y Learmonth (1981, citado en Halliday y Martin, 1993) contiene también representaciones con obstáculos epistemológicos. Les pedimos a los docentes que señalen los errores y que traten de explicar sus causas

*“Una membrana que permite que algunas sustancias y no otras la atraviesen, se denomina membrana semi-permeable. El agua es una sustancia que atraviesa las células de las membranas con cierta facilidad. La difusión del agua a través de una membrana semi-permeable se conoce como ósmosis. En general, el agua se mueve para aumentar la concentración de agua allí donde hay más soluto. Normalmente, una sustancia como el azúcar o el almidón se moverían por difusión para bajar su concentración. Sin embargo, cuando una membrana semi-permeable detiene este movimiento, es el agua en la que el azúcar o el almidón están disueltos la que se mueve. Esto puede verse cuando una solución concentrada de azúcar es separada de agua pura mediante una membrana semi-permeable. El agua se difunde a través de la membrana para diluir la solución de azúcar. Esto causa que el agua aumente su volumen en el tubo. El azúcar no puede pasar a través de la membrana”.*

*(Fuente: Hefferman y Learmonth, 1981. The World of Science. Book 2, fig. 9.16)*

Una vez que los profesores detectan los errores conceptuales contenidos en la descripción que hace el estudiante del fenómeno, tratamos de establecer cuáles podrían ser las representaciones y/o obstáculos que los causan.

Se espera que en el contexto de la discusión los docentes puedan contrastar sus explicaciones, tomando consciencia de la existencia de otros puntos de vista que pongan en cuestión el propio.

### ACTIVIDAD 3: Análisis del registro audiovisual de una docente participante (A3)

A continuación, visionamos el registro audiovisual de la clase de una de las docentes del grupo de reflexión (Marta), estableciendo relaciones con las reflexiones que se han producido en las dos actividades anteriores.

### ACTIVIDAD 4: Reflexión final (A4)

Como cierre, se pide a los docentes que compartan las implicaciones de esa sesión. Esta actividad comprende una primera instancia de reflexión grupal, dinamizada con preguntas como: ¿qué ha significado el trabajo realizado?, y a continuación una autoevaluación individual en que los docentes pueden reflexionar a partir de las siguientes preguntas: ¿Cómo relaciona usted los procesos de aprendizaje con los problemas de aprendizaje de sus estudiantes?, ¿Conocer las formas de aprender de sus estudiantes favorece el aprendizaje científico?, ¿Cómo podría usted estimular los procesos de aprendizajes de sus estudiantes? y ¿Qué tipo de actividades podría promover en el aula?

## 5. ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación presentamos el proceso de análisis de los datos.

Para poder representar las explicaciones que dan los profesores hemos aplicado las categorías de Talanquer (2009). A continuación transcribimos tres fragmentos de la discusión como ejemplo del proceso de análisis:

Fragmento	Interpretación	Categoría
“Se necesita igualar la cantidad de agua en cada solución, por lo que el embudo se llenará de agua hasta que cada una tenga una cantidad de agua igual”	Presenta la idea de equilibrio como una necesidad	No causal Funcional
“Porque hay una diferencia de concentración entre los dos lados, y porque además está la membrana semipermeable, en la cual es el agua la que fluye hacia la zona donde está el azúcar”	Identifica el agua como la única sustancia capaz de atravesar la membrana, en un sentido: hacia donde se encuentra el azúcar	No causal Basada en la ley de la Osmosis
“El agua fluye de un ambiente al otro, del de menor concentración de agua al de mayor concentración de agua, hasta equilibrar concentraciones y llegar a un equilibrio”	Atribuye al agua la propiedad de fluir hasta equilibrar concentraciones	Microcausal, equilibrio estático

Tabla 1: Ejemplos del proceso de análisis

Siguiendo este proceso de análisis identificamos el tipo de explicación que presenta cada uno de los seis docentes en cada uno de las tres actividades (A), los que representamos en la tabla a continuación (tabla 1).

Docente	A1	A2	A3
Marta	Basada en ley Osmosis	Basada en ley Osmosis	Equilibrio estático
Lilian	Redescripción	Basada en ley Osmosis	Equilibrio dinámico
Ana María	Funcional	Equilibrio dinámico	Equilibrio dinámico
Inés	Funcional	Basada en ley Osmosis	Equilibrio estático
Marga	Basada en ley Osmosis	Basada en ley Osmosis	Basada en ley Osmosis
Javier	Basada en ley Osmosis	Equilibrio estático	Equilibrio estático



Tabla 2: Identificación de las explicaciones de los docentes en las tres actividades del taller de reflexión

A partir de los resultados obtenidos procedemos al primer nivel de discusión (grupal) y al segundo nivel de discusión (exploración individual de los casos).

### 5.1 Primer nivel de discusión: análisis transversal de la evolución de las explicaciones

En la primera actividad (A1) los docentes tuvieron que predecir los cambios que se observarían en la situación presentada. Tras contrastar lo que ocurre efectivamente con sus predicciones iniciales, los docentes deben explicar el fenómeno, es decir, establecer las razones o causas que lo explican. Las respuestas obtenidas evidencian un bajo grado de elaboración de sus explicaciones.

A continuación se les pide que representen las partículas de agua y de azúcar, y su movimiento a través de la membrana, tal y como lo harían en sus clases. Como ejemplo mostramos algunas de las representaciones:

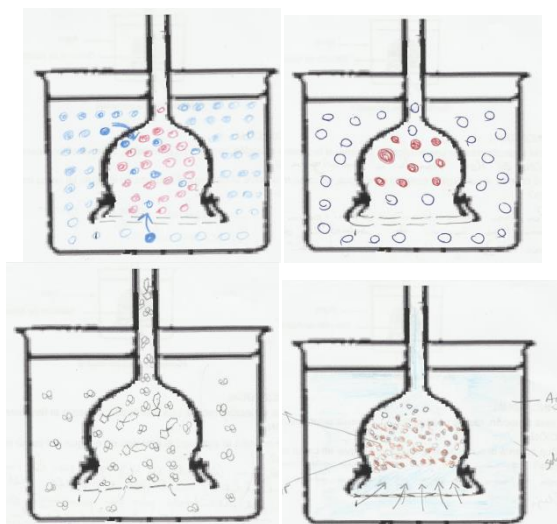


Figura 5: Representación de las partículas de azúcar y de agua en el experimento observado

En el contexto de esta primera actividad los docentes se enfrentan a la construcción de una explicación, que desarrollan por escrito, verbalmente y mediante representaciones gráficas. En esta primera etapa se pretende que los docentes localicen sus obstáculos epistemológicos (Astolfi, 1994) evidenciando sus representaciones en torno al fenómeno de la osmosis.

Como podemos ver en la tabla 2 las explicaciones iniciales tienen un bajo grado de elaboración, y ninguno de los docentes logra elaborar explicaciones que contengan razonamientos causales. En esta primera instancia (A1) aparecen tres modelos explicativos: redescrípción (1 docente), funcional (2 docentes) y basada en la ley de la osmosis (3 docentes). Las tres explicaciones señalan un movimiento del agua a través de la membrana en un solo sentido (de la zona de menor concentración a la de mayor concentración de azúcar) sin lograr establecer la causa de

este movimiento. Es así que estas primeras respuestas se encontrarían más cercanas a un nivel descriptivo que interpretativo.

Al poner en común las diversas explicaciones, sin embargo, y tratar de identificar las coincidencias y discrepancias de sus explicaciones, aparecen los sistemas interpretativos divergentes y se empieza a percibir una desestabilización conceptual que permiten profundizar en la discusión (Astolfi, 1994). Al interior de la discusión surgen elementos que los docentes todavía no habían considerado, al identificar qué elementos de las explicaciones de los colegas conocían y cuáles les eran desconocidos.

A continuación transcribimos la reflexión de tres de los profesores presentes que, nos parece, ilustran el cambio que se está produciendo en su forma de ver el fenómeno:

Lilian - *“Temas que ya conocía, el tema de la osmosis, de la concentración...en cuanto a nuevas ideas me gustó la reflexión que hicimos con el profesor Javier sobre la presión, porque antes no lo había pensado, la presión osmótica se ve en propiedades coligativas en segundo medio...”*

Marta - *“A mí me gustó la reflexión de Lilian, cuando habla de la glucosa, de la sacarosa, y se centra en diferenciar el movimiento de las sustancias, es como la parte más técnica – teórica”*

Ana María - *“Mis colegas caracterizan con más detalle todo, las explicaciones son más elaboradas, y consideran aspectos físicos”*

En esta segunda actividad (A2), aparecen tres modelos explicativos: basado en la ley de la osmosis (4 docentes), equilibrio estático (1 docente) y equilibrio dinámico (1 docente). Si bien la mayoría de docentes todavía no logra llegar a dar una explicación causal, la aparición de estos modelos explicativos, más próximos al modelo científico y a una aproximación explicativa con relaciones causa – consecuencia introduce en la discusión elementos clave para que las explicaciones de todos los docentes puedan evolucionar.

En este contexto, a medida que los docentes se enfrentan a la segunda actividad en que deben evaluar la respuesta de un estudiante, la oposición entre puntos de vista y el diálogo permiten el progreso individual.

A medida que se va desarrollando la discusión, esta se traslada al nivel microscópico, y se va aproximando hacia el núcleo del obstáculo epistemológico: el concepto de equilibrio (Friedler *et al.*, 1987; Zuckerman, 1994; Odom, 1995). Al respecto se rescatan las representaciones, y se empieza a profundizar en el movimiento de las partículas. En este punto los docentes empiezan a comprender el fenómeno como un equilibrio:

Ana María - *“no es un flujo de agua de uno a otro, sino un intercambio que presenta mayor flujo en una dirección que en la otra, y que llega al equilibrio cuando los flujos se*

*igualan. No es como si el agua dijera, ah, allá hay menos concentración, me voy para allá”*

En este punto (A3) la fisuración del obstáculo (Astolfi, 1994) es evidente, algunos docentes reconocen su obstáculo epistemológico:

*Lilian – “ Noooo ... Yo en la clase les digo: el azúcar llama al agua. Ahora me doy cuenta de que estoy reforzando ideas erróneas en lugar de tratar de que entiendan qué es lo que ocurre con la osmosis”*

En este momento solamente uno de los docentes sigue en un marco interpretativo basado en la ley de la osmosis, y el resto llega a la noción de equilibrio, ya sea estático (3 docentes) o dinámico (2 docentes). Si bien no todos los docentes logran llegar al modelo esperado, la mayoría logra llegar a un marco interpretativo explicativo, donde se establecen las relaciones causales que permiten explicar el fenómeno observado.

Al término de la discusión la construcción conjunta de un modelo explicativo alternativo, el correspondiente a la noción dinámica de equilibrio, parece posibilitar la superación del obstáculo (Astolfi, 1994).

Sin embargo, algunos docentes se resisten, y plantean que cuando uno presenta la osmosis, no se preocupa del mecanismo por el que ocurre, porque no es el objetivo de la actividad.

*Marga – “eso sí, yo no me voy tanto por la Química, yo me oriento más a la Biología, y cuando tengo un concepto de Química lo aplico a la Biología. Así en frío no me meto en la Química, a lo mejor porque en la Química tengo muchos vacíos, no soy profesora de Química, lo que vi en la universidad fue malo, y a lo mejor estoy equivocada y eso me da susto... a lo mejor no lo sé desarrollar”*

Como cierre de la actividad se comenta la acción de la profesora, donde se identifican las mismas representaciones y obstáculos epistemológicos que se han hecho evidentes a lo largo de la sesión, tomando consciencia de que los docentes pueden así legitimar los obstáculos epistemológicos en sus aulas (Gil, 1994).

Adicionalmente, se pide a los docentes que compartan las implicaciones de esa sesión, a continuación transcribimos algunas respuestas:

*Marta – “Me voy con una tarea para la casa, revisar, acercarme más a mis colegas de áreas científicas...tenemos que estar constantemente revisando contenidos, estar en la vanguardia, incorporar estas ideas en nuestro discurso, estar más abiertos a otras ideas, indagar en otras áreas. Creo que es bueno pasar por este proceso”*

*Ana María – “Siento que esta instancia, esta sesión en particular, ya me pone de lleno a trabajar reflexionando con mucho cuidado cómo aprovechar la clase para trabajar los conceptos con mucha más claridad, sacar el*

*por qué, promover que el alumno sea más participativo más allá de las respuestas obvias. Me hace reflexionar mucho...y lo agradezco, porque me voy también con tarea para la casa...y esa es la idea”*

*Javier – “Revisar nuestra práctica habitual, revisar lo que uno hace continuamente...los contenidos uno tiene que tenerlos más que claros para poder presentárselos al alumno, las actividades hay que revisarlas. Al ver la clase de Carmen, uno se ve uno, no es que yo la vea a ella y piense qué hizo bien y en qué se equivocó, uno se ve reflejado”*

En cuanto a los obstáculos epistemológicos que muestran los docentes en torno a la osmosis, se corresponden con las categorías propuestas en la literatura para los estudiantes (Talanquer, 2009), lo que se refuerza la idea de que a menudo son los propios profesores los que refuerzan los obstáculos en sus aulas (Gil, 1994).

El desarrollo de la sesión muestra como una actividad de reflexión colectiva logra activar la superación del obstáculo epistemológico a partir de la explicitación y contrastación de los modelos explicativos que presentan los docentes participantes. Sin embargo no todos los docentes logran apropiarse del modelo explicativo alternativo: algunos no logran cambiar sus representaciones, y la mayoría presenta reestructuraciones débiles, sin lograr superar el obstáculo epistemológico.

Sin embargo, y de acuerdo a lo planteado por Astolfi (1994), son necesarias varias instancias de este tipo para que de forma permanente se produzca un cambio que permita consolidar y automatizar el proceso de aplicación del nuevo modelo teórico a distintos contextos a los que éste pueda ser aplicado.

En cualquier caso las respuestas que dan los docentes al final de la sesión dan cuenta de que el trabajo realizado ha provocado un desequilibrio en el dominio que creían tener de los contenidos: reconocen la necesidad de actualizarse, de reflexionar continuamente, de tener claridad sobre los contenidos antes de llegar al aula y de buscar la interdisciplinariedad para poder dar explicaciones más completas a los fenómenos.

## 5.2 Segundo nivel de discusión: análisis de casos

Al explorar caso a caso la evolución de las explicaciones de los docentes, vemos casos en los que a partir de la discusión se empieza a movilizar el conocimiento hacia explicaciones conceptualmente más elaboradas (Lilian, Ana María, Inés, Javier), en otro caso la evolución tiene lugar, pero es más tardía (Marta) y finalmente aparece un caso en el que no se observa evolución en la explicación del profesor (Marga).

A continuación presentamos tres de los casos, elegidos intencionalmente porque representan tres tendencias que se discuten anteriormente en nuestro marco de referencia: i) evolución temprana, ii)

evolución tardía y iii) ausencia de evolución.

i. Evolución temprana

LILIAN	Intervención
<b>A1</b> Redescripción	<i>“El agua comienza a pasar por la membrana semipermeable y el agua sube por el cuello del embudo “</i>
<b>A2</b> Basada en la ley de la Osmosis	<i>“Me gustó la reflexión que hicimos con el profesor Javier sobre la presión osmótica, porque antes no lo había tenido en cuenta: el agua sube por el cuello del embudo hasta que se detiene por la presión osmótica”</i>
<b>A3</b> Equilibrio dinámico	<i>“El agua se mueve por gradiente de concentración de soluto, es decir, hacia donde se encuentre la mayor concentración de soluto hasta alcanzar un equilibrio dinámico”</i>
<b>A4</b> Reflexión Final	<i>“Yo me quiero quedar con lo que dijo Ana María de la sesión, porque muchas veces en el colegio no tenemos las instancias para reflexionar, y las reuniones de departamento se basan en otras cosas, y no nos queda tiempo para esto. Yo he tomado algunos cursos de apropiación y era el encuentro de los “profes” para hacer este tipo de cosas, pero después del terremoto ninguna universidad los ha vuelto a dictar, y la verdad es que los echo de menos. Por eso yo quiero dar las gracias, porque aquí es donde nosotros podemos hacer este tipo de reflexiones”</i>

Tabla 3: Intervenciones del caso de evolución temprana (Lilian)

La explicación de esta profesora evoluciona en cada una de las instancias en las que participa. En la primera actividad (A1) su explicación es más bien descriptiva, refiriendo el movimiento del agua y la subida del nivel de agua en el embudo, sin dar ninguna explicación del fenómeno. Así, en esta primera instancia la profesora predice pero no explica el fenómeno. En la segunda actividad (A2), de forma explícita, hace referencia a como la interacción con sus pares le lleva a reconsiderar su explicación inicial introduciendo un nuevo concepto: la presión osmótica. Si bien este primer paso es una reestructuración débil, que resulta de considerar un nuevo concepto en la explicación, implica el paso de un enfoque descriptivo a uno explicativo. El segundo paso, al que llega esta docente en su tercera explicación (A3) implica una reestructuración mayor, al considerar las concentraciones de soluto y el equilibrio dinámico, llegando al modelo científico que permite explicar el fenómeno (García Díaz,

1995). Se trata de una reestructuración mayor porque aparecen nuevos conceptos y relaciones causa – consecuencia entre ellos que permiten construir una explicación causal, muy alejada de la explicación inicial que había dado la docente. En su reflexión final, la profesora alude a las instancias de reflexión como un espacio necesario para la formación docente, y reconoce haber participado con anterioridad en este tipo de espacios.

La evolución de esta docente representa la evolución de la mayoría de los docentes que participan del taller, ya que cuatro de los seis docentes presentan esta evolución temprana. En dichos casos, las explicaciones empiezan a cambiar desde el momento en que los docentes ponen en común las explicaciones y identifican modelos explicativos divergentes. En el caso de la docente que ponemos como ejemplo, así como del resto de docentes que muestran esta evolución temprana de las explicaciones, hay dos aspectos relevantes a considerar: la experiencia previa en instancias formativas de apropiación, y la capacidad de verbalizar los cambios que experimentan en su modelo explicativo y los elementos que los han llevado a este cambio.

Todos estos elementos dan como resultado una apertura al cambio conceptual que permite, mediante fisuraciones sucesivas, que estos docentes logren regular sus modelos explicativos a partir de reestructuraciones fuertes que les permiten llegar a modelos explicativos basados en la causalidad. Si bien la mitad de estos docentes logra llegar al modelo explicativo científico, equilibrio dinámico, la otra mitad no logra superar el obstáculo epistemológico relativo al equilibrio y su explicación se basa en una noción estática del equilibrio.

ii. Evolución tardía

La docente que presenta una evolución tardía de sus explicaciones es el docente cuya clase se observó y dio pie a la sesión desarrollada.

MARTA	Intervención
<b>A1</b> Funcional	<i>Por ser una membrana semi-permeable, el agua se moviliza hacia la solución de azúcar para igualar la concentración y llegar a la solución isotónica</i>
<b>A2</b> Funcional	<i>La molécula de agua tiene la particularidad de atravesar la membrana semipermeable fosfolipídica, fenómeno conocido como osmosis, de la zona de mayor concentración a la de menor concentración sin utilizar energía adicional. A mí me gustó la reflexión de Lilian, cuando habla de la glucosa, de la sacarosa, y se centra en diferenciar el movimiento de las</i>

	<i>sustancias, es como la parte más técnica – teórica</i>
<b>A3</b> Equilibrio estático	<i>El agua fluye de un ambiente al otro, del de menor concentración de agua al de mayor concentración de agua, hasta equilibrar concentraciones y llegar a un equilibrio</i>
<b>A4</b> Reflexión Final	<i>Me voy con una tarea para la casa, revisar, acercarme más a mis colegas de áreas científicas...tenemos que estar constantemente revisando contenidos, estar en la vanguardia, incorporar estas ideas en nuestro discurso, estar más abiertos a otras ideas, indagar en otras áreas. Creo que es bueno pasar por este proceso.</i>

Tabla 4: Intervenciones del caso de evolución tardía (Marta)

La docente parece tener mucha seguridad en la explicación que tiene construida respecto del fenómeno (A1), siendo capaz de predecir correctamente el fenómeno pero no se dar una explicación al mismo. Una vez que se ponen en común las explicaciones (A2), y aun reconociendo las explicaciones divergentes de los colegas, este docente no las reconoce como propias y por tanto no se apropia de ellas, manteniendo su modelo explicativo basado en la ley de la Osmosis. Solamente cuando de forma reiterada se van dando fisuraciones (Astolfi, 1994) que hacen evidentes las limitaciones de su modelo explicativo, ya que en la situación presentada no se puede llegar a la solución isotónica, la docente ve la necesidad de apropiarse de otros elementos que, finalmente, la hacen llegar a una explicación causal que se estabiliza en la noción estática de equilibrio (Talanquer, 2009).

En su reflexión final la docente admite, al fin, la necesidad de estar abierto a otras ideas y a otras áreas de conocimiento, y logra reconocer el valor de la experiencia no solamente para el fenómeno descrito, sino también para otros que la docente reconoce como la “tarea” que le queda pendiente.

Podemos decir entonces que ésta docente logra una reestructuración fuerte de su modelo explicativo pero solamente después de un buen número de situaciones de fisuración que logran evidenciar las limitaciones de su modelo explicativo, dada la seguridad que presentaba en su explicación inicial (García Díaz, 1995).

### iii. Ausencia de evolución

MARGA	Intervención
<b>A1</b> Basada en la ley de la osmosis	<i>Ingresa agua en el embudo para equilibrar la concentración de azúcar en las dos soluciones</i>
<b>A2</b>	<i>Se produce una difusión, un flujo de agua desde la zona de menor concentración de</i>

<b>Basada en la ley de la Osmosis</b>	<i>agua a la de mayor concentración de agua, para equilibrar la concentración</i>
<b>A3</b> Basada en la ley de la osmosis	<i>La base de este fenómeno es que hay un lado muy concentrado de agua y otro menos concentrado de agua y el movimiento va a ser hacia allá (señala la dirección del flujo de agua) para tratar de igualar las concentraciones</i>
<b>A4</b> Reflexión Final	<i>eso sí, yo no me voy tanto por la Química, yo me oriento más a la Biología, y cuando tengo un concepto de Química lo aplico a la Biología. Así en frío no me meto en la Química, a lo mejor porque en la Química tengo muchos vacíos, no soy profesora de Química, lo que vi en la universidad fue malo, y a lo mejor estoy equivocada y eso me da susto...a lo mejor no lo sé desarrollar</i>

Tabla 5: Intervenciones del caso de ausencia de evolución (Marga)

En el caso de esta docente, no se observa una evolución de su modelo explicativo. Tanto en la primera instancia (A1) en que la docente construye de forma individual su explicación al fenómeno, como después de la discusión colectiva (A2), y después de evaluar la respuesta de un estudiante (A3), la docente mantiene una explicación no causal en la medida en que realiza asociaciones entre las concentraciones en las dos soluciones y el sentido en que el agua fluye a través de la membrana semipermeable.

Aun cuando se le pregunta si consideraría apropiado que el estudiante deba realizar esa asociación arbitraria, pudiendo comprender el fenómeno e incluso deducirlo por si mismo mediante la teoría corpuscular de la materia, la docente alude a que el objetivo de la biología es comprender el fenómeno en términos de saber el sentido del flujo de agua, y no dar explicación el fenómeno. Es en la reflexión final que aparece con claridad la limitación de la docente: la inseguridad frente a los contenidos de otras áreas científicas, la química en este caso, le impide abordar la explicación del fenómeno a nivel microscópico, por lo que mantiene su explicación a nivel macroscópico, y no se observa reestructuración en su modelo explicativo (García Díaz, 1995).

Podemos decir entonces que los modelos divergentes que aparecen en la sesión, y las fisuraciones (Astolfi, 1994) que tienen lugar no han sido suficientes para que esta docente active el cambio en su modelo explicativo, a pesar de todas las evidencias que fueron determinantes para el resto de sus colegas. La inseguridad en el marco explicativo necesario para llegar a desarrollar relaciones causales constituye un obstáculo insalvable para esta docente, que no logra reestructurar su marco interpretativo.

## 6. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es explorar de qué manera el trabajo de reflexión realizado con los docentes provoca un desequilibrio en su percepción sobre el dominio de los contenidos, que constituiría una etapa inicial del cambio didáctico.

En ese sentido los resultados evidencian que:

El planteamiento de instancias de reflexión que se planifican considerando las tres etapas para la superación de un obstáculo: localización, fisuración y superación del obstáculo, puede ser una buena metodología de trabajo para la formación continua de profesores, coherente con las propuestas de formación docente que se han planteado desde la didáctica de las ciencias (Furió y Carnicer, 2002).

Mediante el planteamiento de una situación experimental problemática en la que los docentes deben explicar el fenómeno, apoyándose en diversos modos semióticos de representación, y la contrastación de las explicaciones que dan los diversos participantes, se logra la localización del obstáculo y se activa la fisuración (Astolfi, 2010).

También cabe destacar que las categorías propuestas por Talanquer (2009), que emergieron del análisis de las explicaciones que estudiantes universitarios dan al fenómeno de la osmosis, se muestra válida para aplicar a las explicaciones de los docentes.

Mayoritariamente los docentes logran activar un cambio progresivo en sus modelos explicativos a partir de las primeras instancias de fisuración, en lo que hemos llamado evolución temprana. Los docentes que presentan este tipo de evolución son docentes abiertos al cambio conceptual y con buenas estrategias reguladoras, ya que logran explicitar los cambios que van operando en su modelo explicativo. Sin embargo, a pesar de esta evolución continua, no todos los docentes logran superar el obstáculo epistemológico subyacente, vinculado a la noción de equilibrio químico.

Otros docentes, sin embargo, presentan desarrollos más tardíos o no presentan evolución. En los casos observados en que las fisuraciones no han sido suficientes para cambiar las representaciones y superar el obstáculo epistemológico hemos encontrado evidencias de que los profesores han presentado modelos explicativos resistentes al cambio, especialmente por la inseguridad que les causa alejarse de un modelo en el que se sienten seguros. Al respecto, y de acuerdo a la propuesta de Astolfi (1994), serán necesarias otras instancias similares en nuevos contextos que permitan el cambio progresivo para la superación de los obstáculos epistemológicos que presenta este grupo de profesores.

Si bien no podemos afirmar que todos los profesores logren superar el obstáculo epistemológico, sí tenemos evidencia de que llegar a la etapa de fisuración logra desestabilizar las convicciones de los profesores en torno a su dominio de los contenidos, logrando trascender el caso de la profesora observada y la osmosis como ejemplo, y promoviendo que los docentes empiecen a plantearse la conveniencia de preguntarse el por qué de estos fenómenos, y cómo

trabajarlos en sus aulas.

Sin embargo, para lograr el cambio didáctico permanente todavía nos queda camino por recorrer, y además de seguir consolidando la superación de los obstáculos epistemológicos, deberemos abordar también otros tipos de obstáculos, como los didácticos y pedagógicos.

**Agradecimientos:** Producto científico derivado de los Proyecto FONDECYT 11110065 (2011-2013) “Validación experimental de secuencias de actividades didácticas con base en el ciclo constructivista del aprendizaje que promueven la alfabetización científica” y Fondecyt 1130759 (2013-2015) “Diseño, desarrollo, validación y evaluación de secuencias de enseñanza – aprendizaje para la promoción de competencias en las ciencias” (Abrev.) patrocinados por la Comisión Nacional de Investigación y Tecnología de Chile (CONICYT).

## REFERENCIAS

- Astolfi, J. P. (2011) *El error un medio para enseñar*. Sevilla: Díada
- Astolfi, J. P. (1994) El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), p. 206-216.
- Astolfi, J. P. y Peterfalvi, B. (1997) Estrategias para trabajar los obstáculos: dispositivos y resortes. En: Camilloni A. R. W. de (comp). Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza. Barcelona: Gedisa
- Bachelard, G. (1987) *La formación del espíritu científico*. México: Editorial Siglo XXI.
- Bell, B. (1998) Teacher development in Science Education. En Fraser, B. J. y TOBIN, K. J. (eds) *International Handbook of Science Education*, vol. II, 681 – 693, Londres: Kluwer Acad. Publisher.
- Cañal, P. y Porlán, R. (1987) Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 89 – 96
- Carrascosa, J. (2005) El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II) El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol 2, Nº 3, 388-402.
- De Pro, A. (1998) El análisis de las actividades de enseñanza como fundamento para los programas de formación de profesores. *Alambiq ue*, 15, 15 – 28
- Friedler, Y., Amir, R. y P. Tamir. (1987). High school students' difficulties in understanding osmosis. *International Journal of Science Education* 9:541–551.
- Furió, C. y Carnicer, J. (2002) El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (1), 47 – 73.
- Furió, C., Gil, D. y Gavidia, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64

- Furió, C., Gil, D., Pessoa de Carvalho, A. M. y Salcedo, L. E. (1992) La formación inicial del profesorado de Educación Superior: papel de las didácticas específicas. *Investigación en la escuela*, 16, 7 – 21
- Galagovsky, L. y Muñoz, J.C. (2002). La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 29-45
- García Díaz, J. E. (1995) Epistemología de la complejidad y enseñanza de la Ecología. El concepto de ecosistema en la educación secundaria, *Tesis doctoral inédita*, Sevilla, Universidad de Sevilla.
- Gil, D. (1994) Diez años en la investigación en enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), 197 -202
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla. Diada.
- Greca, I. (1999). Representaciones mentales. En: Moreira, M.A., Caballero, C. Y Meneses. J. Organizadores: *I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Burgos: Burgos. pág. 254-295.
- Griffin, R., & Baron-Cohen, S. (2002). The intentional stance: developmental and neurocognitive perspectives. In A. Brook & D. Ross (Eds.), *Dennett Beyond Philosophy*. Cambridge University Press
- Grotzer, T.A. (2003). Learning to understand the forms of causality implicit in scientifically accepted explanations. *Studies in Science Education*, 39, 1-74.
- Guisaola, J., Pintos, M. E., Santos, T. (2001) Formación continua del profesorado, investigación educativa e innovación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 41, 207 – 222
- Guskey, T. (2002) Professional development and teacher change. *Teachers and teaching: theory and practice*, vol. 8, no 3-4, 381-391
- Halliday, M. A. K. y Martin, J. R. (1993) *Writing Science*. Milton Park: Routledge.
- Johnstone, A. H. y Mahmoud, N. A. (1980) Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education* 14:325–328.
- Kelemen, D. y Rosset, E. (2009) The Human Function Compunction: Teleological explanation in adults. *Cognition*, 111, 138-143.
- Kind, V (2008.) *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Ed. Siglo XXI.
- Latorre, A., del Rincón, D. y Arnal, J. (2005) *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Graó
- Lombrozo, T. y Carey, S. (2006). Functional explanation and the function of explanation. *Cognition*, 99, 167-204
- McDermott, M. C. (1990) A perspective on teacher preparation on physics – other sciences: the need for REIEC Volumen 9 N<sup>o</sup> 1 Mes Julio
- special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, 58 (8) 732 – 742
- Mellado, V. (2003) Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 343-358
- Merriam, S. B. (1998) *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Nuñez, G., Pereira, R., Maturano, C. y Mazzitelli, C. (2007) Dificultades en la formación disciplinar de docentes de Ciencias Naturales. Ponencia presentada y publicada en las Memorias de las I Jornadas Nacionales de Educativa y II Jornadas Regionales de Investigación Educativa (Universidad Nacional de Cuyo), Mendoza, Argentina.
- Odom, A. L. (1995) Secondary and college biology students' misconceptions about diffusion and osmosis. *The American Biology teacher*, 55, 468 – 472
- Oliva, J. M. (1999) Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 17, N<sup>o</sup> 1, 93-107.
- Pesa, A. y Cudmani, L. (1998) ¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto de la visión?. *Enseñanza de las ciencias y cognición*, 10, 15 – 34
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores* Unpublished doctoral dissertation, Universidad de Sevilla, Spain.
- Porlán, R. (1998) Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 175-185
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Porlán, R. y Martín del Pozo, R. (2004). The Conceptions of In-service and Prospective Primary School Teachers About the Teaching and Learning of Science. *Journal of Science Teacher Education*, 15, 1, 39-62.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998) *El conocimiento de los profesores*. Diada: Sevilla
- Praia, J. y Cachapuz, A. (1994) Concepções episteológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista portuguesa de educação*, 11 (1), 71 – 85
- Rodríguez Palmero, M.L. (2002) Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la Biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*
- Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, L. E., Labarrere, A., Cuellar, L., Izquierdo, M., Chamizo, A. (2010) Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de química en ejercicio? *Enseñanza de las ciencias*, 28 (2), 185 – 198
- Rodríguez, E. y Larios, B. (2008) Concepciones y prácticas de un colectivo docente. Ejercicio valorativo desde el colectivo y un par académico. *Revista Búsqueda*. Cear, 9, pp 11-31.
- Shulman, L. S. (1992) Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject – specific conceptions of teaching. En *Actas del Congreso “Las didácticas* pp. 70-83

específicas en la formación del profesorado” 53 – 59  
(Santiago de Compostela)

Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of «structure of matter», *International Journal of Science Education*, 31 (15) 2123 – 2136

Tobin, K. y Espinet, M. (1989) Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), pp. 105-120.

Wamba, A.M. y Jiménez, R. (2003). ¿Es posible el cambio en los modelos didácticos personales? *Rev. Interuniv. de Formación del Profesorado*, 17(1), pp. 113-131

Zuckerman, J. T. (1994) Accurate and inaccurate conceptions about osmosis that accompanied meaningful problem solving. *School science and mathematics*, 94, 5, 226 – 234.

### **Ainoa Marzábal**

Licenciada en Química (2003) y Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales (2010). Profesora de Educación Media de Química y Física desde el año 2003, y de Educación Superior en Ciencias Experimentales y su Didáctica desde el año 2009, es académica del departamento de Didáctica de la Facultad de Educación de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile).

Actualmente está desarrollando dos líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales:

- Análisis de los textos escolares, centrado en la comprensibilidad del discurso que contienen y su intencionalidad didáctica
- Secuencias didácticas innovadoras para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Experimentales, desde la formación inicial y continua de profesores innovadores hasta la promoción de habilidades de pensamiento científica en el contexto de dichas secuencias didácticas.