

INVESTIGACIONES

Actividades de demostración sobre “Leyes de los Gases” en clases de Ciencias de 8° básico: Contenidos y habilidades científicas, procesos cognitivos y participación verbal*

Demonstration activities of “Gas Laws” in 8th grade science classrooms: Scientific contents and skills, cognitive processes, and verbal participation

Atividades de demonstração sobre “Leis dos Gases” em aulas de Ciências do 8° básico: Conteúdos e habilidades científicas, processos cognitivos e participação verbal

Marcela Ruiz Zuñiga^a, Alejandra Meneses Arévalo^b, Maximiliano Montenegro Maggio^c

^aUniversidad Alberto Hurtado, Facultad de Filosofía y Humanidades, Santiago, Chile.
Teléfono: (55) 2 28897725. Correo electrónico: maruiz@uahurtado.cl

^bPontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Educación, Santiago, Chile.
Teléfono: (55) 2 23545335. Correo electrónico: amensea@uc.cl

^cPontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Educación, Santiago, Chile.
Teléfono: (56) 2 23547952. Correo electrónico: maximiliano.montenegro@uc.cl

RESUMEN

Este estudio exploratorio describe la configuración de actividades de demostraciones en la unidad “Leyes de los Gases” con estudiantes de 8° básico. La actividad es la unidad teórica y de análisis situada social y culturalmente que permite integrar la dimensión disciplinar, cognitiva y de participación verbal en torno a un propósito didáctico. Se analizaron videograbaciones de 4 demostraciones realizadas por un profesor y 33 estudiantes en un establecimiento particular subvencionado. Los resultados muestran tipos demostraciones con uso de distintos recursos (simulaciones con software y objetos, uso de gráficos y diagramas) para hacer comprensibles conceptos. Se observó variabilidad entre demostraciones y diversidad, especialmente, en habilidades científicas y acciones cognitivas al interior de estas. La actividad de simulación con software y el uso de diagrama para explicar densidad mostraron la integración entre las dimensiones. Esta investigación permite avanzar en una mayor comprensión de actividades que promuevan el aprendizaje en Ciencias.

Palabras clave: demostraciones, clases de Ciencias, contenidos y habilidades científicas, procesos cognitivos, participación verbal.

ABSTRACT

This exploratory study describes the configurations of demonstration activities in the unit “Gas Laws” with 8th graders. The activity is a theoretical and analytical unit placed socially and culturally that allows integrating disciplinary, cognitive and verbal participation dimensions with an instructional purpose. Four demonstrations videotaped and developed by a teacher and 33 students in a particular subsidized school were analyzed. The results show types of demonstrations using different resources (simulations with software and objects; use of graphs and diagrams) to concepts understandable. Variability was observed between demonstrations and diversity, especially, in scientific skills and cognitive actions in the same ones. The activity of simulation with software and the use of graph to explain density showed a configuration integrated between the dimensions which allow advancing in the comprehension of activities that promote the learning in Sciences.

Key words: demonstrations, Science classrooms, scientific contents and skills, cognitive processes, verbal participation.

* Investigación desarrollada en el marco del Proyecto Fondecyt regular 1150332: “Calidad de las oportunidades de aprendizaje en aulas de ciencias de 4to y 8vo: estudio de video sobre organización, coherencia e interacción en actividades instruccionales”

RESUMO

Este estudo exploratório descreve as configurações de atividades de demonstrações na unidade “Leis dos Gases” com estudantes do 8° básico. A atividade é a unidade teórica e de análise situada social e culturalmente que permite integrar a dimensão disciplinar, cognitiva e de participação verbal em torno de um propósito didático. Analisam-se videograções de 4 demonstrações realizadas por um professor e 33 estudantes em um estabelecimento particular subvencionado. Resultados mostram tipos de demonstrações com uso de distintos recursos (simulações com software e objetos, uso de gráficos e diagramas) para tornar conceitos compreensíveis. Observou-se a variabilidade entre demonstrações e diversidade, principalmente, em habilidades científicas e ações cognitivas para o interior de estas. A atividade de simulação com software e o uso de diagrama para explicar densidade mostraram a integração entre as dimensões. Esta investigação permite avançar na compreensão de atividades que promovem a aprendizagem em Ciências.

Palavras chave: demonstrações, aulas de Ciências, conteúdos e habilidades científicas, processos cognitivos, participação verbal.

1. INTRODUCCIÓN

En el sector de aprendizaje Ciencias Naturales, los resultados nacionales correspondientes al segundo ciclo de educación básica indican que el promedio nacional (272 puntos) obtenido en Simce 2013 aumentó 10 puntos (Agencia de Calidad de la Educación, 2014) en relación con los 259 puntos promedios alcanzados en 2011 y 2009 (Unidad de Currículum y Evaluación, 2010, 2011). Si bien desde una perspectiva internacional Chile es uno de los países que en TIMSS ha ido incrementando en 8° básico sus resultados desde 1999; sin embargo, en TIMSS 2011 el país sigue ubicándose bajo el promedio con 461 puntos. Para este curso el porcentaje de logro de los estudiantes en contenidos científicos (Biología, Química, Física) está bajo el promedio internacional; y en cuanto al dominio cognitivo prevalece el conocer por sobre razonar o aplicar (Martin et al., 2012). En efecto, a pesar del progreso en el nivel nacional es preciso seguir avanzado en el aprendizaje de conocimientos y habilidades científicas. Sin duda, el resultado proporcionado por las pruebas estandarizadas nacionales e internacionales entrega información relevante sobre el nivel de logro alcanzado por los estudiantes en el área de Ciencias Naturales al finalizar la educación primaria; sin embargo, la información no es suficiente para comprender cómo se construye y se desarrollan tanto conocimientos como habilidades científicas en los entornos escolares y cuánta variabilidad existe entre las actividades de aprendizaje.

Con respecto a las actividades de aprendizaje, tanto SIMCE como TIMSS 2011 cuentan con información recolectada a través de cuestionarios. En el caso nacional, las dimensiones evaluadas abordan la autoestima académica y la motivación de los estudiantes, el clima de convivencia escolar entre otros (Agencia de Calidad de la Educación, 2015); mientras que en TIMSS se pesquisa el ambiente del hogar, los recursos de la escuela destinados a la enseñanza de la Ciencia, el clima escolar, la formación académica y la experiencia del docente y las estrategias instruccionales en el aula, entre otros (Martin et al., 2012). No obstante es necesario notar que estos datos presentan las limitaciones propias del uso de cuestionarios, pues están basados en las percepciones y declaraciones de docentes y estudiantes sin describir las actividades efectivamente realizadas para el aprendizaje en el aula. Por tanto, para mejorar las experiencias de aprendizaje parece no bastar con conocer el producto del aprendizaje (desempeños en pruebas estandarizadas) y las condiciones de contexto de enseñanza percibidas, sino que también es relevante indagar en las dinámicas de las aulas mediante las cuales se construyen los aprendizajes en Ciencias. De esta

manera, el foco de atención se traslada desde el nivel macro estructural (condiciones estructurales) hacia el nivel micro interaccional, con el fin de comprender la manera en que se configuran las actividades en las aulas orientadas al aprendizaje de contenidos y desarrollo de habilidades y razonamiento científico.

En el contexto nacional, el estudio de la sala de clase ha sido abordado desde diferentes perspectivas. Al respecto una vía de acceso al aula ha sido desde las interacciones y clima de aula para favorecer el aprendizaje. Al respecto Martinic y Vergara (2007) se han enfocado en la relación entre uso de tiempo, estructura y organización social de la clase y patrones instruccionales a partir de videograbaciones de profesores de Matemática y Lenguaje registradas en el marco del Sistema de Evaluación de Desempeño Docente. Por su parte, Radovic y Preiss (2010) describen la estructura interaccional del discurso público entre profesor y estudiantes producidas en clases de Matemáticas, que son parte de Docente Más.

Otra perspectiva enfatiza el carácter situado, social y comunicativo de la construcción del conocimiento (Villalta & Martinic, 2013; Villalta *et al.*, 2013); en dichos estudios se han explorado las interacciones en el aula como el punto de encuentro entre los procesos cognitivos y tipos de conocimientos no anclados en una disciplina escolar determinada, sino que más bien utilizadas como categorías genéricas. Por otro lado, los estudios que han abordado el dominio disciplinar específico y el discurso en el aula –mediante cuestionario– han encontrado que los profesores de Ciencias privilegiaban el desarrollado de clases expositivas por sobre las actividades prácticas o de laboratorio (Cofré *et al.*, 2010). De igual modo, Preiss *et al.* (2011) han analizado las videograbaciones, que son parte de la evaluación docente en el área de matemáticas correspondientes a segundo ciclo de educación básica, para determinar el tipo de pensamientos matemáticos asociado a la resolución de problemas durante el habla pública producida entre docentes y estudiantes. Los resultados indican la prevalencia de un procedimiento mecánico en la presentación de información y en la resolución de problemas.

En general, los resultados de los estudios centrados en la interacción y procesos cognitivos coinciden en que existe escasa participación para los estudiantes, elaboración de preguntas cerradas, seguimientos con bajo desafío cognitivo y actividades que favorecen la resolución mecánica de problemas. Sin embargo, esta perspectiva no incorpora la dimensión disciplinar en términos de contenidos y habilidades específicas de un área. Por otro lado, los estudios que enfatizan la disciplina no integran la dimensión interaccional. De esta manera, es necesario buscar una perspectiva que integre tanto la dimensión interaccional, cognitiva y disciplinar, pues constituyen aspectos sustantivos de la instrucción escolar.

2. DESDE LA INTERACCIÓN Y LA COGNICIÓN A LAS ACTIVIDADES EN EL AULA PARA APRENDER CIENCIAS: DIMENSIÓN DISCIPLINAR

Las líneas de investigación que han abordado el micro nivel del aula se han centrado en la descripción en profundidad de los patrones de interacción, tipos de habla y uso de tiempo en salas de clase. La información se ha registrado mediante notas de campo, videos y grabaciones, para luego ser analizada empleando unidades y categorías que difieren dependiendo de la perspectiva de análisis adoptada (Mercer, 2010). Estas perspectivas analíticas poseen una base común en la lingüística, la etnometodología, la antropología lingüística y el análisis de la conversación (Candela, 2001; Mercer, 2010). Al respecto, se

han estudiado ampliamente las estructuras de interacción y participación vinculadas a la construcción de un determinado significado siguiendo la propuesta de Sinclair y Coulthard (1975); de igual modo se han descrito tipos de habla e interacciones que andamian los aprendizajes (Mehan, 1979; Mercer *et al.*, 1999; Mercer *et al.*, 2004). Tal como señala Mercer (2010) entre las limitaciones de este tipo de estudios se encuentran la dificultad para generalizar las conclusiones por el tamaño de la muestra, así como la explicitud de los criterios de selección de citas para ejemplificar los principales resultados. Si bien este tipo de estudios han permitido comprender los patrones de interacciones y el modo en que se organiza la estructura de interacción entre profesores y estudiantes, no se ha abordado, específicamente, cómo el discurso del aula interactúa con el aprendizaje y es usado como un medio para generar oportunidades de desarrollo de razonamiento y aprendizaje disciplinar. Si bien se ha explorado la relación entre lenguaje y aprendizaje en el contexto de una disciplina, se ha investigado menos sobre el modo en que se aprende el discurso y el razonamiento disciplinar en el aula. Por otra parte, surge la necesidad de contar con una unidad de meso nivel que permita comprender la variabilidad entre la interacción según tipos de contextos o actividades de aprendizaje que suceden a lo largo de una secuencia de aprendizaje en una determinada disciplina.

En cambio, si se accede a la problemática del aprendizaje en la sala de clases desde el ángulo de la enseñanza de las Ciencias, como plantea Kelly (2014) han predominado los estudios orientados a la comprensión de los cambios históricos y filosóficos que han sufrido ciertos modelos en Ciencias, así como los estudios epistemológicos sobre visiones personales y modelos iniciales en la construcción del conocimiento científico. Para Kelly (2014) el aprendizaje de las Ciencias en el aula puede ser abordado integrando tanto la dimensión cognitiva e interaccional entre los participantes, así como el conocimiento conceptual y procedimental propios de la educación científica. En tal sentido *la Teoría de la Actividad* posibilitaría la convergencia de estos aspectos.

Una forma de integrar las dimensiones señaladas radicaría en los planteamientos de *la Teoría de la Actividad*, que en el marco del paradigma sociocultural, entiende que la construcción del sentido se produce a través del uso del lenguaje que estaría mediado por la participación de los sujetos en un grupo social, así como por el uso de artefactos culturales en un contexto social compartido (Rex *et al.*, 2006; Yamagata-Lynch, 2010). Un aporte relevante a este cuerpo conceptual fue realizado por Leont'ev quien introduce la *actividad* como unidad de la praxis humana situada histórica y culturalmente. Su estructura general está integrada por un objeto material o simbólico que está orientado hacia una dirección o una meta determinada de acuerdo a un motivo externo o interno del o los participantes. Las acciones son parte de un proceso de organización realizado en función de la consecución de la meta final; estas son llevadas a cabo por los sujetos bajo ciertas condiciones de operación asociados a la disponibilidad y uso de recursos materiales y simbólicos. Los componentes de la actividad mantienen relaciones sistemáticas y dinámicas, es decir, son interdependientes y sometidas a transformación (Leont'ev, 1974; Roth, 2007a; Roth, 2010).

De esta manera, los postulados de *la Teoría de la Actividad* convergen con la educación en Ciencias entendida como una práctica llevada a cabo por y entre los participantes en torno a actividades que son desarrolladas por un grupo social (Roth, 2007b). Estas actividades pueden estar orientadas por las distintas visiones que se tengan sobre las metas u objetivos de alfabetización científica, tales como el conocimiento y uso de explicaciones científicas sobre el mundo natural, empleo y evaluación de evidencia y explicaciones científicas, comprensión

sobre el desarrollo y naturaleza de la Ciencia, así como la capacidad de participar en las prácticas y discurso de la Ciencia (Committee on Science Learning *et al.*, 2007).

Otra manera de estudiar las prácticas de aula desde las actividades de enseñanza que se desarrollan en ella corresponde al que emerge en el marco de pruebas internacionales como TIMMS. Dicho modelo está sustentado en el triángulo instruccional, es decir, en las acciones del profesor, de los estudiantes y el contenido específico (Hiebert *et al.*, 2002; Roth *et al.*, 2006), con el fin de establecer patrones instruccionales para el aprendizaje de una disciplina en particular. Para obtener los datos sobre las actividades desarrolladas en el aula, se utilizan dos fuentes de información: a) cuestionarios aplicados a profesores y a estudiantes para determinar las actividades de aprendizaje realizadas durante un año escolar; y b) videograbaciones de una clase que es analizada empleando un sistema de codificación para identificar y caracterizar las actividades de aprendizaje. Al respecto, Prenzel *et al.* (2012) plantean que los cuestionarios son una técnica eficiente para la recolección de información. Sin embargo, esta información –como se mencionó anteriormente– es solo una aproximación a las actividades realizadas en el aula, pues depende de lo recordado y declarado por estudiantes y profesores. En cambio, las videograbaciones permiten el análisis de las actividades de aprendizaje a partir de indicadores de comportamiento observables; no obstante, las dificultades de acceso a los videos junto a la gran inversión de tiempo de codificación han llevado a que los estudios de videos se concentren en el análisis de una clase por aula. En este sentido, el estudio de videos de TIMSS 1999 abre –como plantean Roth *et al.* (2006)– preguntas sobre las actividades de enseñanza que son parte de una unidad de análisis que no es la clase, sino una secuencia de actividades de aprendizaje o unidad didáctica.

En síntesis, a través de los componentes del triángulo instruccional (profesor, estudiantes y contenido específico) es posible captar el modo en que se configuran las actividades de aula video grabadas considerando e integrando estas dimensiones clave: cognición situada y orientada por propósitos pedagógicos, desarrollo de contenidos y habilidades propias de las Ciencias y participación del docente y los estudiantes.

3. OBJETIVO Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Este estudio tiene como objetivo describir las actividades de demostración usadas en la unidad didáctica “Leyes de los Gases”: estas buscan favorecer la comprensión de conceptos científicos desde la dimensión disciplinar (contenidos y habilidades científicas), cognitiva (procesos y acciones cognitivas) e interaccional (participación verbal de profesor y estudiantes) con el fin de captar el modo en que se configuran. Las preguntas de investigación que guían este estudio son:

- (1) ¿Qué contenidos y habilidades científicos y en qué proporción son abordados en actividades de demostración?
- (2) ¿Qué procesos y acciones cognitivas y en qué proporción son promovidas en actividades de demostración?
- (3) ¿Quiénes participan (profesor y/o estudiantes) y en qué proporción en las actividades de demostración?
- (4) ¿Cómo se integran las dimensiones disciplinar, cognitiva e interaccional en actividades de demostración?

4. MÉTODO

Este estudio exploratorio de diseño mixto (Creswell y Plano, 2007) busca describir las actividades de demostración usadas en la unidad “Leyes de los Gases” con un grupo de estudiantes de 8° básico. El enfoque teórico-metodológico corresponde a una perspectiva sociocultural, desde la cual se aborda el aula siguiendo los principios de la Teoría de la Actividad, específicamente, la operacionalización para el área de Ciencias (Kelly, 2014; Roth, 2007a, 2007b, 2010). Por lo tanto, desde una perspectiva cualitativa se analizan actividades de aula para generar datos cuantitativos, con el fin de explorar el modo en que se configuran considerando las dimensiones disciplinar, cognitiva e interaccional. Se presenta aquí un estudio de videos, puesto que permiten la comprensión de procesos complejos e integración entre datos (Hiebert *et al.*, 2002).

4.1. MUESTRA Y PARTICIPANTES

En los videos analizados, participaron 33 estudiantes y un profesor de Ciencias de un establecimiento particular subvencionado de nivel socioeconómico medio bajo¹. Durante el año 2013, se video grabaron 7 clases correspondiente a la unidad “Leyes de los Gases”. Se decidió grabar una unidad didáctica con la finalidad de contar con la secuencia de aprendizaje completa. Cada clase fue segmentada según tipo de actividades siguiendo la propuesta de Roth *et al.* (2006). Se clasificaron las actividades en 2 dimensiones: *conceptual* (actividades orientadas al aprendizaje de contenidos científico) y *práctica* (actividades orientadas al aprendizaje de habilidades científicas). Dentro de las actividades conceptuales se distinguió entre (a) *exposición de conceptos*, (b) *demonstración*, (c) *evaluación de lo comprendido*, (d) *lectura de texto*, (e) *lectura de imágenes*, (f) *observación de video*, (g) *copia* y (h) *síntesis*.

Para este artículo se han escogido solo *actividades conceptuales* correspondientes a la *demonstración*. Si bien en el contexto de enseñanza de las Ciencias, frecuentemente, la demostración se refiere a situaciones en que el profesor realiza un experimento en frente del grupo de estudiantes para mostrar un determinado fenómeno, para esta investigación se ha ampliado el concepto de *demonstración* a toda actividad en que el profesor utiliza un recurso o artefacto para simular, ilustrar y/o explicar un concepto o relación entre conceptos, contestar una pregunta o verificar una hipótesis. Dos razones justifican la decisión de trabajar con las demostraciones en clases de Ciencias desde esta concepción amplia: (1) el carácter multi representacional y multimodal de las demostraciones, pues no solo se utiliza el lenguaje verbal para lograr mostrar o explicar un concepto sino también suelen emplearse gestos, imágenes, animaciones, gráficos, simuladores, entre otros, con el fin de hacer comprensible un concepto (Jornet y Roth, 2015; Pozzer-Ardenghi y Roth, 2009); (2) uso de la demostración corresponde a un modelamiento de la práctica científica *desarrollo y uso de modelos* (National Reserach Council (U.S), 2012). En efecto, los modelos y simulaciones son usados con frecuencia en Ciencias para la explicación de fenómenos naturales.

En este artículo se analizan 4 actividades de demostración usadas en la unidad didáctica “Leyes de los Gases”. En la Tabla 1 se describen las actividades analizadas.

¹ Según lo establecido por la Agencia de Calidad, en los colegios con GSE *medio bajo* la mayoría de los apoderados señalan tener una escolaridad entre 9 y 10 años y un ingreso que fluctúa entre \$210.001 y \$340.000. Además, se encuentran en condiciones de vulnerabilidad entre un 59.01 y un 78% de los estudiantes.

Tabla 1. Actividades de demostración utilizadas en la unidad “Leyes de los Gases” en 8° básico

# ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RECURSOS	UBICACIÓN # CLASE	DURACIÓN
1	Simulación de las Leyes de los Gases con uso de software.	Software	1	14 min, 15 seg
2	Interpretación de gráficos temperatura vs presión.	Gráfico proyectado en la pizarra	4	20 min, 02 seg
3	Simulación de la dependencia de la presión en la fuerza y el área de contacto con uso de objetos.	Borrador y libro de clases	4	3 min, 59 seg
4	Uso de diagrama para el concepto de densidad.	Plumón y pizarra	7	6 min, 55 seg

4.2. PROCEDIMIENTOS

Cada actividad de demostración fue segmentada en unidades de 05 segundos mediante ELAN (Sloetjes y Wittenburg, 2008). Cada segmento fue codificado según:

(1) CONTENIDOS CIENTÍFICOS TIMSS según lo propuesto por Schmidt *et al.* (2001). Dentro de los 8 temas científicos (*Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Vida, Física, Química, Mecánica, Tecnología, Ambiente, Naturaleza de la Ciencia, Interdisciplina*), se identificaron contenidos y luego contenidos específicos. Por ejemplo, así el contenido específico *teoría cinética molecular* es ubicado dentro del contenido *teoría cinética y quantum*, el que a su vez es parte del tema *Física*.

(2) HABILIDADES CIENTÍFICAS según lo establecido en el Ajuste Curricular para Ciencias (Ministerio de Educación, Chile, 2009) vigente para 8° básico. Se distinguen entre 12 habilidades científicas: *formulación de preguntas, elaboración de hipótesis, análisis de hipótesis, observación, descripción de datos, registro de datos, ordenamiento de la información, interpretación de información, procedimientos, explicaciones, argumentación y debate, discusión y evaluación de implicancias éticas*. Además, se incorporaron las categorías *sin habilidad científica* para los segmentos en que no se promueve el aprendizaje de ninguna habilidad propia de la disciplina y *no cubierta* para segmentos en que se promueve una habilidad disciplinar pero que no es parte del repertorio especificado por el marco curricular chileno.

(3) PROCESOS Y ACCIONES COGNITIVAS siguiendo la propuesta de Anderson y Krathwohl (2001). Se distinguen entre *recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear*. En esta taxonomía, mientras el proceso de *recordar* es de nivel cognitivo inferior, *crear* es el proceso de mayor demanda cognitiva. Además, se incorporó la categoría *no proceso* para segmentos en que no se promueve ningún proceso cognitivo. Además, se distinguieron para cada proceso cognitivo acciones cognitivas específicas tales como *reconocer y recordar* para el proceso *recordar*; *interpretar, ejemplificar, clasificar, sintetizar, inferir, comparar, explicar* para el proceso *comprender*; *ejecutar e implementar* para el proceso *aplicar*; *diferenciar, organizar, atribuir* para el proceso *analizar*; *comprobar y criticar* para el proceso *evaluar*; *generar, planificar y producir* para el proceso *crear*.

(4) PARTICIPACIÓN VERBAL en la interacción de aula dirigida a todo el grupo curso. Se identificó si profesor y/o estudiantes intervienen verbalmente en cada segmento de 05 segundos.

Se analizó un total de 626 segmentos de 5 segundos. Fueron codificados por asistentes capacitados y con conocimiento en Ciencias. Además, todos los datos presentados en este artículo fueron revisados por un experto en Ciencias para asegurar la confiabilidad del análisis.

4.3. ANÁLISIS DE DATOS

Las unidades codificadas se contabilizaron para determinar la cantidad y proporción en que contenidos científicos, habilidades científicas, procesos y acciones cognitivas, así como participación verbal están presentes en las actividades de demostración analizadas. Se construyeron tablas de contingencia para mostrar en qué proporción cada categoría está presente en una determinada actividad de demostración, lo que permite la posterior comparación entre actividades.

5. RESULTADOS

Este artículo busca explorar y describir las configuraciones de actividades de demostración utilizadas en la unidad “Leyes de los Gases” con un grupo de estudiantes chilenos de 8° básico. Los resultados se organizan para contestar las cuatro preguntas de investigación propuestas.

5.1. DIMENSIÓN DISCIPLINAR: CONTENIDOS Y HABILIDADES CIENTÍFICOS

La primera pregunta de este artículo apunta a los contenidos y habilidades científicas identificados en las actividades de demostración utilizadas por el profesor a lo largo de la unidad “Leyes de los Gases”. La Tabla 2 muestra los tipos de contenidos específicos TIMSS cubiertos y la proporción de aparición de estos en las cuatro actividades de demostración analizadas.

Tabla 2. Porcentaje de contenidos específicos TIMSS cubiertos en cada actividad de demostración

Contenido específico TIMSS	Simulación con software (SS)	Interpretación de gráficos (IG)	Simulación con objetos (SO)	Uso de diagramas (UD)
Sin contenido científico	2,7	-	-	9,5
Atmósfera	-	100,0	21,1	0,0
Propiedades físicas de la materia	-	-	-	90,5
Teoría cinética molecular	97,3	-	-	-
Tipos de fuerza	-	-	78,9	-

Si bien la unidad “Leyes de los Gases” corresponde sobre todo con *teoría cinética molecular*, contenido específico del tema *Ciencias Físicas*, cabe destacar que las demostraciones utilizadas por el profesor para explicar dichas leyes abordan también

contenidos vinculados a *atmósfera* (actividad IG, 100%; actividad SO, 21%), *propiedades físicas de la materia* (actividad UD, 90,5%) y *tipos de fuerzas* (actividad SO, 78,9%). Por lo tanto, el contenido *teoría cinética molecular* es solo abordado en la actividad de simulación con software (97,3%) mientras que las otras demostraciones desarrollan contenidos tanto de *Ciencias de la Tierra* como de *Mecánica*. De este modo, se muestra la variabilidad de temas y contenidos y las relaciones que se pueden establecer entre estos a lo largo de una unidad didáctica a través del uso de demostraciones.

La Tabla 3 muestra los tipos de habilidades científicas (Ministerio de Educación, Chile, 2009) y la proporción en que estas son cubiertas en las actividades de demostración analizadas.

Tabla 3. Porcentaje de habilidades científicas cubiertas en cada actividad de demostración

Habilidades científicas	Simulación con software (SS)	Interpretación de gráficos (IG)	Simulación con objetos (SO)	Uso de diagramas (UD)
Sin habilidad científica	43,4	45,7	35,0	47,1
No cubierta	0,6	1,8	-	10,5
Formulación de preguntas	2,0	-	-	-
Elaboración de hipótesis	-	-	-	3,8
Observación	24,7	-	56,9	31,7
Descripción de datos	7,0	-	0,0	-
Registro de datos	18,0	-	4,0	-
Interpretación de información	2,1	52,5	0,0	6,9
Explicaciones	2,4	-	4,1	-

Al analizar la Tabla 3 se observa que si bien no se abordan explícitamente la enseñanza de habilidades científicas en la mayoría del tiempo en todas las actividades (*sin habilidad científica*: SS, 43,4%; IG, 45,7%; SO, 35%; UD, 47,1%), existe presencia de diversidad de habilidades científicas promovidas, sobre todo en la actividad de simulación con software (6 habilidades distintas). Asimismo, *habilidades científicas no cubiertas* por el ajuste curricular son promovidas por las actividades analizadas, sobre todo en el uso de diagrama (10, 5%) tales como *sacar conclusiones*, *calcular resultados*, entre otras. Por lo tanto, el profesor promueve un mayor número de habilidades científicas que las descritas en el marco curricular, lo que lleva a reflexionar no solo sobre la implementación del currículo prescrito a nivel aula, sino también sobre el levantamiento de información desde las actividades efectivamente realizadas en clases hacia el currículo escolar con el fin mejorarlo. Por último, las habilidades más promovidas en las actividades de demostración fueron *observación* (SS, 24,7%; SO, 52,5%; UD, 6,9%), *registro de datos* (SS, 18%; SO, 4%) e *interpretación de información* (SS, 2,1%; IG, 52,5%; UD, 6,9%).

5.2. DIMENSIÓN COGNITIVA: PROCESOS Y ACCIONES COGNITIVAS

La segunda pregunta de este artículo aborda la dimensión cognitiva, específicamente, procesos y acciones cognitivas promovidos mediante las actividades de demostración en la unidad “Leyes de los Gases”. *Comprender* es el proceso cognitivo más desarrollado mediante las actividades de demostración (SS, 60,1%; IG, 30,6%; SO, 90, 1%; UD, 81,4%), seguido por *recordar* (SS, 7,5%; IG, 32,6%; SO, 49%), ambos procesos con bajo nivel de desafío cognitivo. La Tabla 4 muestra, específicamente, los tipos de acciones cognitivas y la proporción en que las acciones cognitivas son cubiertas en las actividades analizadas.

Tabla 4. Porcentaje de acciones cognitivas cubiertas en cada actividad

Acción cognitiva	Simulación con software (SS)	Interpretación de gráficos (IG)	Simulación con objetos (SO)	Uso de diagramas (UD)
Sin acción cognitiva	31,3	37,0	6,1	8,7
Reconocer	-	19,9	1,4	-
Recordar	7,8	10,7	1,6	-
Interpretar	30,5	10,5	54,9	58,8
Inferir	30,4	21,9	31,9	22,6
Comparar	-	-	-	1,3
Explicar	-	-	4,2	-
Ejecutar	-	-	-	8,6

Las acciones cognitivas más promovidas en las actividades de demostración de la unidad “Leyes de los Gases” fueron *interpretar* (SS, 30,5%; IG, 10,5%; SO, 45,9%; UD, 58,8%) e *inferir* (SS, 30,4%; IG, 21,9%; SO, 31,9%; UD, 22,6%). Llama la atención la presencia de segmentos en los que no se promueve ninguna acción cognitiva, sobre todo en la actividad de *simulación con software* (31,3%) y de *interpretación de gráficos* (37%), resultado explicado por la presencia de acciones en que los estudiantes copian información dictada por el profesor. Por último, se observa una diversidad de acciones cognitivas promovidas en cada actividad; en efecto en la actividad de *simulación con objetos* (borrador y libro de clases para explicar la dependencia de la presión en la fuerza y el área de contacto) se trabajan 5 acciones cognitivas distintas (*reconocer*, 1,4%; *recordar*, 1,6%; *interpretar*, 54,9%; *explicar*, 4,2%). Por lo tanto, al igual que en la categoría de habilidades científicas, se observa cómo la actividad promueve una diversidad de procesos y acciones cognitivas para el aprendizaje.

5.3. DIMENSIÓN INTERACCIONAL: PARTICIPACIÓN VERBAL

La tercera pregunta de investigación de este artículo apunta a la participación verbal en las actividades de demostración analizadas. La Tabla 5 muestra el porcentaje de intervenciones verbales de profesores y/o estudiantes en las actividades.

Tabla 5. Porcentaje de tiempo en que el profesor y/o estudiantes participan verbalmente en cada actividad de demostración

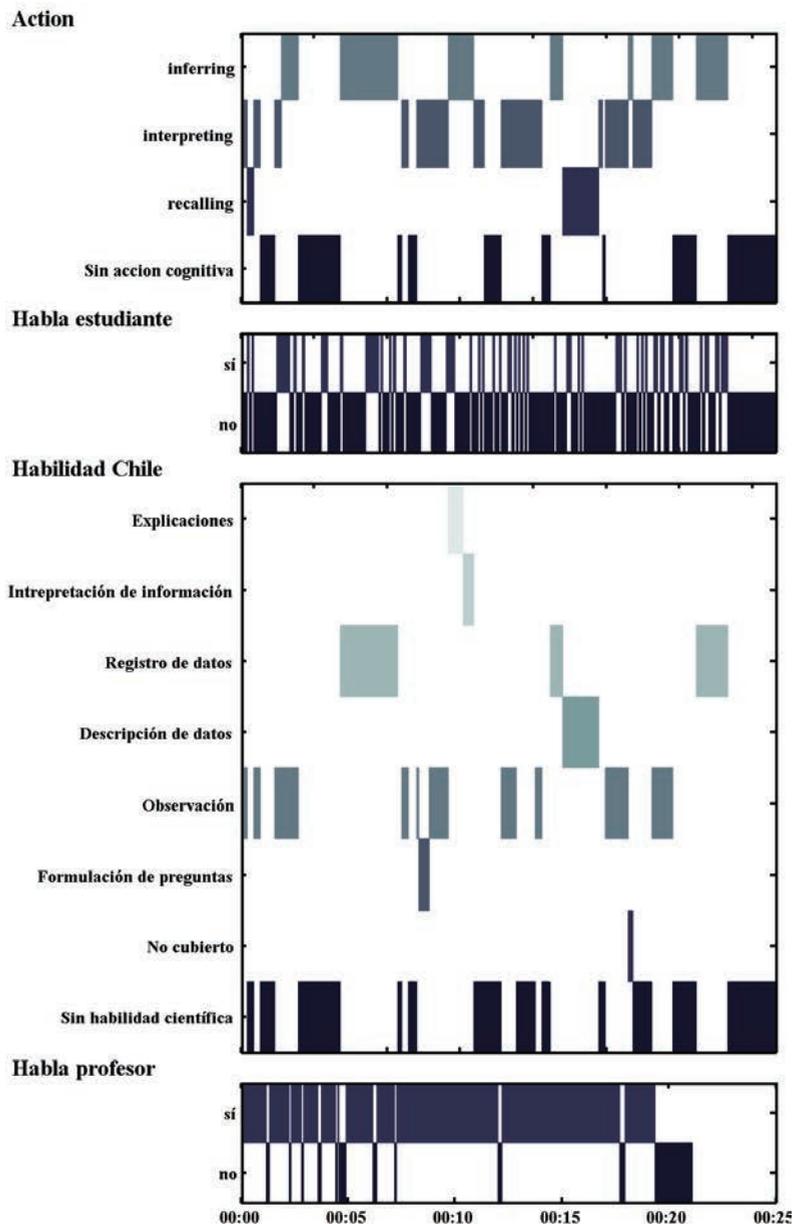
Participación	Simulación con software (SS)	Interpretación de gráficos (ID)	Simulación con objetos (SO)	Uso de diagramas (UD)
Profesor participa				
No	15,5	52,7	-	2,0
Sí	84,5	47,3	100,0	98,0
Alumno participa				
No	71,7	92,6	78,6	86,0
Sí	28,3	7,4	21,4	14,0

Los resultados de la tabla muestran que es el profesor quien interviene más durante las actividades de demostración analizadas (SS, 84,5%; ID, 47,3%; SO, 100%; UD, 98%) mientras el estudiante no participa verbalmente en dichas actividades (SS, 71,7%; ID, 92,6%; SO, 78,6%; UD, 86%). Solo en las actividades de simulación con software (28,3%) y en la de *simulación con objetos* (21,4%), los estudiantes incrementan su participación verbal. En la actividad de *interpretación de gráficos* tanto el profesor (52,7%) como los estudiantes (92,6%) presentan una participación verbal menor. Este patrón es explicado por un tiempo de trabajo individual en la que el conocimiento no es construido mediante la interacción con otros.

5.4. RELACIÓN ENTRE DIMENSIÓN DISCIPLINAR, COGNITIVA E INTERACCIONAL

La cuarta pregunta apunta a establecer, en el desarrollo temporal de la actividad, el vínculo entre las dimensiones disciplinar, cognitiva e interaccional, de modo tal que sea posible identificar el modo en que se combinan en determinados segmentos. La identificación de tales segmentos temporales contribuiría a comprender la manera en que se van constituyendo las actividades y se van integrando situadamente y temporalmente las tres dimensiones en torno al propósito pedagógico perseguido en la demostración. La Figura 1 muestra la integración de dimensiones para la actividad de simulación usando un software sobre Leyes de los Gases.

Figura 1. Integración de las dimensiones en actividad de simulación con software

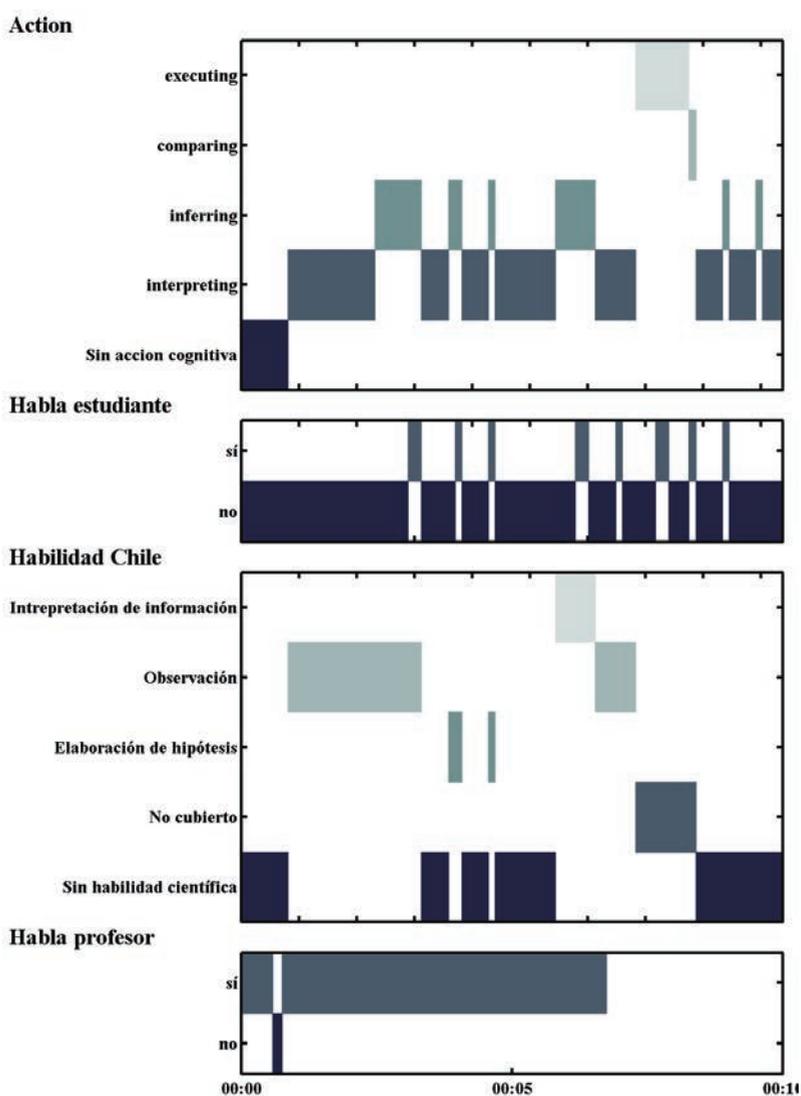


En la Figura 1, en el eje X están representados los momentos en que las categorías anteriormente analizadas se despliegan en el tiempo; en tanto en el eje Y corresponde a cada categoría, excepto los contenidos científicos, porque presentaron una menor variabilidad. Cada bloque oscuro indica que una categoría está presente en ese instante de tiempo. Si bien el profesor es quien participa más a lo largo de la actividad, es posible observar que

sus intervenciones gatillan habilidades científicas en los estudiantes, así como procesos cognitivos. En cambio, para la participación de los estudiantes no se puede establecer una dinámica tan precisa en relación con las habilidades científicas y los procesos cognitivos, ya que son más bien intervenciones breves. En cambio es posible observar que en los momentos en que existe mayor participación verbal de los estudiantes se están promoviendo acciones cognitivas como *inferir e interpretar*.

En la Figura 2 se observa la integración de las dimensiones para la actividad de uso de diagrama para explicar el concepto de densidad.

Figura 2. Integración de las dimensiones en actividad de uso de diagrama



En la Figura 2 se puede apreciar una dinámica de integración de las dimensiones diferente a la observada en la Figura 1. Se advierte una mayor participación por parte de los estudiantes especialmente en momentos en que se promueve procesos cognitivos inferenciales e interpretación. En efecto, la incorporación de la dimensión disciplinar es clave para comprender que mediante esos procesos el profesor busca desarrollar habilidades científicas tales como elaboración de hipótesis, interpretación de información y observación.

Como se desprende de las figuras, las tres dimensiones señaladas: disciplinar, cognitiva y de participación verbal pueden ser integradas e interpretadas considerando su contribución al logro o no de la meta de aprendizaje propuesta para los participantes. En efecto, las figuras permiten identificar intervenciones del profesor que gatillan procesos cognitivos y habilidades científicas. Además, permiten detectar áreas de intervención para mejorar la dinámica de aprendizaje al interior de la actividad con respecto al aumento de la participación de los estudiantes, así como en relación con la conexión y progresión entre habilidades y procesos a lo largo del tiempo. Al respecto es posible sostener que el modo de participación de estudiantes y profesores afecta y es afectado por el desafío implicado en los procesos cognitivos; en tanto estas dimensiones son orientadas y organizadas en patrones de acciones en virtud de la dimensión disciplinar, pues esta proporciona un marco de interpretación y metas. Así, de acuerdo al modo de integración de las dimensiones es posible establecer patrones de actividades y poder indagar en el modo en que impactarían en el aprendizaje en ámbito situado disciplinariamente.

6. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados permiten describir sistemáticamente la configuración de actividades de aprendizaje en Ciencias orientadas por un propósito pedagógico común: demostraciones para hacer comprensible la unidad “Leyes de los Gases”. Esta actividad distintiva en la enseñanza posee tres dimensiones relacionadas: disciplinar, cognitiva y de participación verbal. Así, las demostraciones pueden ser llevadas a cabo en el aula planteando diversos desafíos cognitivos a los estudiantes a través de procesos cognitivos de diversa complejidad. Esta dimensión adquiere un carácter situado no solo por el hecho de que estudiantes y docente compartan un contexto espacial y temporal, sino también debido a que existen conocimientos propios de la disciplina (contenidos y habilidades científicas), es decir, un objeto de aprendizaje al que estarían orientados como integrantes de un grupo social y un modo de participación verbal que sería funcional al logro de una meta.

De esta manera, la *actividad de demostración*, en particular, y los tipos de actividades de aprendizaje, en general, pueden presentar una configuración de acciones y condiciones de operación distintivas (Leont’ev, 1974). La constitución de las actividades de aprendizaje puede ser abordada considerando la integración de las dimensiones mencionadas y, de esa manera, poder determinar el grado de complejidad que presentarían. En los tipos de demostraciones analizadas se observa que si bien todas corresponden a una misma actividad de aprendizaje, existe, por una parte, variabilidad entre actividades según el recurso que se utiliza (software, objetos concretos, diagramas, gráficos), así como el propósito que persigue el profesor para optar por la demostración como medio para explicar contenidos más específicos de la unidad “Leyes de los Gases”. Por otra parte, al interior de cada

una de las actividades de demostración analizadas existe una gran diversidad, sobre todo, de habilidades científicas (*observación, registro de datos, interpretación de información, explicación*) y de acciones cognitivas (*reconocer, recordar, interpretar, inferir*) que son promovidas para generar aprendizajes.

En este artículo se explora el cambio de la unidad de análisis para estudiar las interacciones de aula en Ciencias, puesto que se plantea un desplazamiento desde una unidad comunicativa oral, el intercambio y/o secuencia temática, hacia una unidad instruccional: la *actividad*. La actividad enfatiza el propósito o meta vinculado a los sujetos, así como establece un contexto histórico y cultural intersubjetivamente compartido que incluye el uso de los recursos disponibles. Estos componentes operan de forma interdependiente y dinámica (Yamagata-Lynch, 2010). En efecto, la elección de esta vía de acceso al aula permitiría, por un lado, trabajar con corpus de datos provenientes de videgrabaciones más grandes y generar resultados más robustos y, por otro lado, proporcionar criterios de selección explícitos de segmentos instruccionales que permitiría comprender con mayor profundidad la configuración y relación entre lo disciplinar, lo cognitivo y lo interaccional que media para lograr una aproximación al objeto de aprendizaje propuesto como meta. En términos concretos, facilitaría la selección de actividades cuyas acciones pueden posteriormente ser transcritas con el fin de analizar las secuencias de interacción entre los participantes de acuerdo al fin de investigación establecido. Además, posteriormente, posibilitaría abordar las actividades considerando su dinámica de progresión en torno a un objeto de aprendizaje y así poder explorar los factores que impactarían en el logro de la meta.

Desde el punto de la formación docente inicial y desarrollo profesional docente, la actividad de aprendizaje es una unidad que permitiría interpretar la dinámica del aula al identificar, a la vez, con mayor precisión y en el marco de un contexto curricular y cognitivo, las acciones ejecutadas por docentes y estudiantes en función de una meta de aprendizaje, constituidas por inter-acciones desarrolladas en lapso de tiempo determinado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Calidad de la Educación (2014). *Simce 2013: Síntesis de Resultados*. Santiago de Chile: Agencia de Calidad de la Educación. Recuperado desde <http://www.agenciaeducacion.cl/biblioteca-digital/resultados-simce/>.

Agencia de Calidad de la Educación (2015). *Informe Técnico 2013*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Candela, A. (2001). Corrientes teóricas sobre discurso en el aula. *Revista Mexicana de Investigación*, 6(12), 317-333.

Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., & Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios Pedagógicos*, 36(2), 279-293.

Committee on Science Learning, K., Duschl, R., Schweingruber, H., & Shouse, A. (Eds.). (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Washington, D.C.: National Research Council of the National Academies.

Creswell, J., & Plano, V. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. London:

Sage Publications.

Hiebert, J., Gallimore, R., & Stigler, J. W. (2002). A knowledge base for the teaching profession: What would it look like and how can we get one? *Educational Researcher*, 31(5), 3-15.

Jornet, A., & Roth, W.-M. (2015). The Joint Work of Connecting Multiple (Re)presentations in Science Classrooms. *Science Education*, 99(2), 378-403. doi:10.1002/sce.21150

Kelly, G. (2014). Analyzing Classroom Activities: Theoretical and Methodological Considerations. In C. Bruguère, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *Topics and Trends in Current Science Education* (Vol. 1, pp. 353-368): Springer Netherlands.

Leont'ev, A. N. (1974). The Problem of Activity in Psychology. *Soviet Psychology*, 13(2), 4-33. doi:10.2753/rpo1061-040513024

Martin, M., Mullis, I., Foy, P., & Stanco, G. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. Chestnut Hill, Massachusetts: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

Martinic, S., & Vergara, C. (2007). Gestión del tiempo e interacción del profesor-alumno en la sala de clases de establecimientos con jornada escolar completa en Chile. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 5(5), 3-20.

Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mercer, N. (2010). The analysis of classroom talk: Methods and methodologies. *British Journal of Educational Psychology*, 80(1), 1-14.

Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), 359-377. doi:10.1080/01411920410001689689

Mercer, N., Wegerif, R., & Dawes, L. (1999). Children's Talk and the Development of Reasoning in the Classroom. *British Educational Research Journal*, 25(1), 95-111.

Ministerio de Educación, Chile (2009). *Marco Curricular de la Educación Básica. Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica. Actualización 2009. Decreto 256/2009*. Santiago: Gobierno de Chile. Ministerio de Educación. Recuperado desde http://www.mineduc.cl/index5_int.php?id_portal=47&id_contenido=17116&id_seccion=3264&c=1

National Research Council (U.S.) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D. C.: The National Academies Press.

Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.-M. (2009). How do we know he is not talking about himself? Demonstrations in Science Classroom. *Journal of Pragmatics*, 41(4), 684-698. doi:10.1016/j.pragma.2008.11.002

Preiss, D., Larraín, A., & Valenzuela, S. (2011). Discurso y pensamiento en el aula matemática chilena. *Psyche*, 20, 131-146.

Prenzel, M., Seidel, T., & Kobarg, M. (2012). Science teaching and learning: an international comparative perspective. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (Vol. 1, pp. 667-678). New York, NY: Springer.

Radovic, D., & Preiss, D. (2010). Patrones de discurso observados en el aula de matemática de segundo ciclo básico en Chile. *Psyche*, 19, 65-79.

Rex, L., Steadman, S., & Graciano, M. (2006). Researching the Complexity of Classroom Interaction. In J. Green, G. Camilli, P. Elmore & A. Skukauskaité (Eds.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research* (pp. 727-771). Mahwah, N.J.; Washington, D.C.: Lawrence Erlbaum Associates.

Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, H., Chen, C., Kawanaka, T., ... Gallimore, R. (2006). *Teaching science in five countries. Results from the TIMSS 1999 video study. Statistical analysis report*. Washington, DC: National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education.

Roth, W. (2007a). Heeding the Unit of Analysis. *Mind, Culture, and Activity*, 14(3), 143-149. doi:10.1080/10749030701316227

Roth, W. (2007b). Toward a dialectical notion and praxis of scientific literacy. *Journal of Curriculum Studies*, 39(4), 377-398. doi:10.1080/00220270601032025

Roth, W. (2010). Activism: a category for theorizing learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 278-291. doi:10.1080/14926156.2010.504493

Schmidt, W., McKnight, C., Houang, R., Wang, H., Wiley, D., Cogan, L., & Wolfe, R. (2001). *Why schools matter: a cross-national comparison of curriculum and learning*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Sinclair, J., & Coulthard, M. (1975). *Towards an analysis of discourse: The English used by teachers and pupils*. London: Oxford University Press.

Sloetjes, H., & Wittenburg, P. (2008). *Annotation by category: ELAN and ISO DCR*. Paper presented at the Proceedings of the Sixth International Conference on Language Resources and Evaluation.

Unidad de Currículum y Evaluación (2010). *Resultados Nacionales SIMCE 2009*. Santiago: Ministerio de Educación. Recuperado desde <http://www.agenciaeducacion.cl/biblioteca-digital/resultados-simce/>

Unidad de Currículum y Evaluación (2011). *Informe de Resultados Nacionales 2011*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación. Recuperado desde <http://www.agenciaeducacion.cl/biblioteca-digital/resultados-simce/>

Villalta, M., Assael, C., & Martinic, S. (2013). Conocimiento escolar y procesos cognitivos en la interacción didáctica en la sala de clase. *Perfiles educativos*, 35, 84-96.

Villalta, M., & Martinic, S. (2013). Interacción didáctica y procesos cognitivos. Una aproximación desde la práctica y discurso del docente. *Universitas Psychologica*, 12(1), 221-233.

Yamagata-Lynch, L. (2010). *Activity systems analysis methods: understanding complex learning environments*. New York, London: Springer.

