

Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química*

Edenia Maria Ribeiro Amaral¹, Eduardo Fleury Mortimer²

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo presentar el análisis de una secuencia de enseñanza que utiliza el perfil conceptual como instrumento de análisis de la dinámica discursiva en un aula de química. Se propuso un perfil conceptual para la segunda ley de la termodinámica aplicada a las transformaciones fisicoquímicas centrado en los conceptos de entropía y espontaneidad. Los fundamentos teóricos de la noción de perfil conceptual se discutieron a partir de la propuesta inicial hecha por Mortimer (1995, 2000) y algunos de sus trabajos más recientes (por ejemplo, Mortimer, 2001). En estos últimos, el autor sugiere que el perfil conceptual puede ser utilizado para relacionar las formas de pensar y los modos de hablar. En esa perspectiva fue analizada una situación de enseñanza en un curso de termoquímica de segundo año de nivel medio (alumnos de 16 a 17 años) de una escuela pública federal brasileña. Con tal fin se utilizó la estructura para el análisis del discurso en el aula, propuesta por Mortimer y Scott (2002, 2003). Las zonas de perfil conceptual propuesto para los conceptos de entropía y espontaneidad fueron identificadas a partir del discurso producido en el aula. El análisis de los datos mostró que la noción de perfil conceptual puede ser un instrumento eficiente para la estructuración de las ideas surgidas durante el proceso de enseñanza aprendizaje de los conceptos y para el análisis de la dinámica discursiva en el aula. Su uso permitió relacionar aspectos epistemológicos y discursivos presentes en el discurso producido por profesor y alumnos.

1. Introducción

En este artículo usamos la noción de perfil conceptual (Mortimer, 1995; 2000) para analizar un proceso de enseñanza de termoquímica para alumnos de segundo año de nivel medio (16 a 17 años de edad) en una escuela pública brasileña. En el análisis mostraremos la relación entre los aspectos epistemológicos y discursivos en el proceso de elaboración con-

ceptual en el aula. Para la discusión de los aspectos epistemológicos usaremos las categorías que constituyen las zonas del perfil conceptual de entropía y espontaneidad de procesos fisicoquímicos, sección 4. Para la discusión de los aspectos discursivos emplearemos la estructura analítica propuesta por Mortimer y Scott (2003), sección 2.3 *Análisis de la dinámica discursiva*.

La noción de perfil conceptual fue propuesta por uno de los autores de este artículo (Mortimer, 1995; 2000) a partir de la de perfil epistemológico de Bachelard (1936/1978). En la propuesta de perfil epistemológico, Bachelard presentó la idea de que, para cualquier individuo, los conceptos se encuentran dispersos en diferentes puntos de vista filosóficos, dependiendo de su estado de desarrollo, y enfatizó el pluralismo de la cultura filosófica. El perfil conceptual fue presentado como un modelo para describir la evolución de las ideas, tanto en el espacio social del aula como en el individual, como consecuencia del proceso de enseñanza. Así como en el perfil epistemológico, el perfil conceptual está constituido de diferentes zonas distribuidas según un orden genético: cada zona tiene una complejidad mayor que las anteriores. La definición de las zonas del perfil conceptual se hace no sólo por compromisos epistemológicos, sino también a partir de aspectos ontológicos del concepto, al considerar las ideas que constituyen cada zona del perfil como apropiadas para un contexto específico.

La noción de perfil conceptual presupone que un individuo puede tener diferentes visiones del mismo concepto, considerando que existen diferentes formas de ver y representar, al mismo tiempo, una realidad. Los diferentes puntos de vista sobre la realidad se asocian a contextos específicos donde resultan apropiados, y una única forma de pensar no se considera como intrínsecamente mejor que otra para todo o en cualquier contexto. Se pueden constituir nuevas ideas de forma independiente a las ya existentes y éstas no son necesariamente un obstáculo para la construcción de las primeras. Cada uno de los puntos de vista sobre determinado concepto puede reflejar una dimensión epistemológica diferente.

En trabajos recientes, Mortimer (2001) sugiere el uso de la noción de perfil conceptual para caracterizar la heteroge-

* Traducción realizada por José Luis Córdova Frunz.

¹ Universidad Federal Rural de Pernambuco.

² Universidad Federal de Minas Gerais.

neidad del pensamiento verbal en el contexto del aula de ciencias. El perfil conceptual se constituye en un instrumento de análisis del proceso de generación de nuevos significados considerando las relaciones entre las formas de pensar y los modos de hablar. En este sentido, la comprensión de la realidad de forma más completa está relacionada con una perspectiva complementaria entre las zonas del perfil conceptual (Mortimer, 2001). La complementariedad entre las zonas proporciona una comprensión más incluyente para un único concepto, considerando diferentes significados y contextos que pueden estar implicados en su desarrollo histórico y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Cada zona en el perfil conceptual corresponde a una determinada visión del mundo a la que el individuo accede con diferentes mediaciones. Mortimer analiza los medios instrumentales usados en el aula en términos de las nociones de lenguaje social y géneros del discurso propuestas por Bakhtin (1981, 1986).

De lo anteriormente expuesto, consideramos que los principales aspectos que caracterizan la noción de perfil conceptual son: la pluralidad filosófica, la posibilidad de complementariedad entre los diversos puntos de vista y la heterogeneidad de las ideas relativas a un mismo concepto coexistentes en un mismo individuo.

Tomando como base las relaciones existentes entre la diversidad de lenguajes sociales y de los géneros de discurso y las diferentes formas de vida o concepciones del mundo, discutiremos en este artículo las relaciones entre los aspectos discursivos y los epistemológicos en el proceso de enseñanza aprendizaje de Termoquímica. Estas relaciones pueden pensarse a partir de la noción de perfil conceptual ya que ambos aspectos pueden estar implicados en las zonas del perfil. En lo que se refiere a los aspectos epistemológicos, las zonas de perfil conceptual pueden estar relacionadas a diferentes pensamientos filosóficos y a diferentes visiones del mundo. Podemos también relacionar las zonas de perfil a diferentes interpretaciones de hechos y teorías que constituyen las nociones de un individuo, como fue propuesto por Putnam (1995). Las diferentes formas de vida o interpretaciones del mundo resultan en una diversidad de concepciones que surgen en contextos específicos de la actividad humana y pueden considerarse determinantes en la heterogeneidad del pensamiento verbal del individuo, según la perspectiva de Tulviste (1986 en Wertsch, 1993). En el perfil conceptual, esta diversidad puede traducirse en diferentes zonas, siendo cada una asociada a un instrumento mediador específico, concretizado en los diferentes géneros de discurso y de lenguajes sociales. En el contexto del aula, la identificación de las zonas del perfil pueden contribuir a caracterizar el lenguaje social de la ciencia escolar y de los géneros que lo constituyen.

2. Constitución de las zonas de perfil conceptual para entropía y espontaneidad. Análisis del discurso en el aula: aspectos teóricos y metodológicos

2.1 La constitución de las zonas del perfil

A fin de constituir las zonas de perfil conceptual consideramos las ideas extraídas de diferentes contextos –historia de la ciencia, investigación educativa en ciencias, el aula–, que contribuyeron a que el perfil propuesto representase de forma amplia y significativa las principales ideas referentes a los conceptos de entropía y espontaneidad de los procesos fisicoquímicos. La opción metodológica de utilizar varias fuentes de datos para constituir el perfil conceptual se basa en las ideas de Vygotsky, quien consideró que existen diferentes dominios genéticos de desarrollo de las funciones mentales superiores. Al confrontar los datos empíricos actuales con la reconstrucción racional de la historia del concepto, procuramos trabajar con, al menos, tres dominios genéticos: el sociocultural, representado por la historia de las ciencias; el ontogenético, representado por los estudios sobre concepciones alternativas que exploran los contenidos de las ideas informales de los estudiantes acerca de diferentes conceptos científicos importantes, y el microgenético, representado por los datos obtenidos en el aula. Vygotsky advirtió que el factor principal que provoca el desarrollo de las funciones mentales superiores en cada dominio genético no es el mismo, de modo que la comparación entre esos diferentes dominios no tiene por objetivo trazar paralelos entre contenidos característicos de cada uno, sino entender de forma más amplia la génesis de los conceptos.

2.2 Los conceptos de entropía y espontaneidad

En este trabajo, los conceptos de espontaneidad y entropía fueron abordados en una perspectiva que propicia una profundización de la comprensión acerca de las transformaciones fisicoquímicas en el contexto de enseñanza aprendizaje de la química. Las investigaciones sobre cómo los alumnos comprenden las reacciones químicas describen, usualmente, las concepciones de los alumnos relacionadas a preguntas importantes para comprender esos fenómenos: ¿qué es una reacción química?, ¿en qué medida ocurren?, ¿a qué velocidad?, ¿absorben o liberan energía? Otra importante pregunta relacionada con este tópico no recibe la misma atención: ¿por qué ocurre una reacción química? Como esta pregunta es muy amplia y remite a causas relacionadas tanto a la estructura atómica-molecular de las sustancias como a los aspectos energéticos de las transformaciones fisicoquímicas, una forma de restringirlas a estos últimos, que son abordados en este trabajo, es reformularla en la siguiente pregunta: ¿en qué condiciones una reacción química puede o no ocurrir? La respuesta a esta interrogante debe considerar las

Tabla 1. La estructura analítica: un instrumento para analizar las interacciones y la producción de significados en el aula de ciencias.

Aspectos de análisis		
i. Focos de enseñanza	1. Intenciones del profesor.	2. Contenido.
ii. Aproximación	3. Aproximación comunicativa.	
iii. Acciones	4. Patrones de interacción.	5. Intervenciones del profesor.

consecuencias de la segunda ley de la termodinámica para el estudio de las transformaciones fisicoquímicas, lo que implica una comprensión de los conceptos de entropía y espontaneidad.

Para el propósito de un perfil conceptual para entropía y espontaneidad, buscamos las ideas que contribuirían o contribuyen al desarrollo del pensamiento formal sobre los fenómenos naturales, en los contextos histórico y escolar. Las preguntas acerca del comportamiento de la materia y de las transformaciones en la naturaleza se remontan al periodo de los filósofos griegos y llegan hasta nuestros días incluyendo una gran diversidad de concepciones. Para la discusión de los aspectos del desarrollo histórico sobre espontaneidad y entropía no tuvimos la pretensión de hacer un estudio a profundidad de la historia de las diversas concepciones relativas a la transformación de la materia, ni la de agotar las posibilidades del análisis filosófico de las ideas. Pretendimos apuntar las ideas que surgieron en diferentes periodos de la historia de la ciencia que, en nuestro punto de vista, pueden constituir una génesis (Wertsch, 1993) para los conceptos de entropía y espontaneidad, y que guardan alguna relación con las ideas presentes en los contextos actuales de enseñanza de este concepto.

Añadamos un último punto a considerar respecto al abordaje conceptual dado a la espontaneidad. A pesar de estar sólidamente anclado en la experiencia cotidiana, no es un concepto explícitamente abordado en libros didácticos de Físicoquímica para la enseñanza superior. Sin embargo, todos esos libros usan el adjetivo “espontáneo” para caracterizar procesos que ocurren en determinadas condiciones. Nuestra opción para tratar espontaneidad como un concepto se justifica al considerar que esa idea puede funcionar como un eslabón entre las concepciones cotidianas que los alumnos tienen sobre la ocurrencia de transformaciones y los conceptos más formalizados de entropía y energía libre, los que permiten abordar científicamente las condiciones en que esas transformaciones pueden o no ocurrir. En ese sentido, nuestra opción reconoce que el proceso de escolarización de los conocimientos científicos incluye algo más que una simple transposición de conceptos creados en el

contexto de producción de la ciencia para el contexto escolar. La producción de conocimiento escolar considera no sólo las características del concepto por enseñar, desde el punto de vista científico, sino también las mediaciones necesarias que ayudan a transformar ese concepto como significativo para el alumno. Esto implica la búsqueda de relaciones entre los conceptos científicos y los cotidianos a fin de hacer los primeros relevantes para la experiencia cotidiana que los alumnos ya poseen.

2.3 Dinámica discursiva en el aula

El análisis de los aspectos discursivos de los datos en el aula se basó en la estructura para el análisis del discurso en el aula de ciencias propuesta por Mortimer y Scott (2002, 2003), sintetizada en la tabla 1. Esta estructura analítica se basa en cinco aspectos interrelacionados que consideran el papel del profesor y se agrupan en términos de focos de enseñanza, aproximación y acciones.

Cada aspecto de análisis se introduce brevemente en las secciones siguientes, excepto el aspecto 5 –intervenciones del profesor–, que no será utilizado en el análisis presentado en este artículo. Para una visión más detallada de la estructura analítica, consúltese Mortimer y Scott (2003).

2.3.1 Intenciones del profesor

Siguiendo los principios de la teoría de Vygotsky, consideramos que la enseñanza de ciencias produce un tipo de “actuación pública” en el plano social del aula. Esta actuación está dirigida por el profesor que planea su papel y tiene la iniciativa de “presentar” las diversas actividades que constituyen al aula de ciencia (Leach y Scott, 2002). El trabajo de desarrollar una “historia científica” en el plano social del aula es central en esa actuación. Hay, con todo, otras intenciones que deben considerarse en una secuencia de enseñanza. Estas intenciones, derivadas de otros aspectos de la teoría sociocultural y de nuestra propia experiencia como investigadores del aula, pueden sintetizarse en la tabla 2.

2.3.2. El contenido del discurso en el aula

En las aulas de ciencias, las interacciones entre el profesor y los estudiantes pueden relacionarse con una amplia variedad de contenidos incluidos, por ejemplo, la “historia científica”, aspectos procedimentales, cuestiones organizacionales y de disciplina y manejo de la clase. Cada uno de estos aspectos es importante para el trabajo del profesor, pero en este artículo nos limitaremos a los contenidos relacionados con la “historia científica” que se enseña.

Estructuramos el análisis del contenido del discurso del aula en términos de categorías que pueden ser consideradas como características fundamentales del *lenguaje social* (Bakhtin, 1986) de la ciencia escolar, tomando como base la

distinción entre *descripción, explicación y generalización* (Mortimer y Scott, 2000).

Descripción: incluye enunciados que se refieren a un sistema, objeto o fenómeno, en términos de sus constituyentes o de cambios espaciotemporales de sus constituyentes.

Explicación: incluye importar algún modelo teórico o mecanismo para referirse a un fenómeno o sistema específico.

Generalización: incluye elaborar descripciones o explicaciones independientes de un contexto específico.

Una distinción adicional que consideramos importante se relaciona al hecho de que descripciones, explicaciones y generalizaciones pueden caracterizarse como *empíricas o teóricas*. Así, las descripciones y explicaciones que usan referentes (constituyentes o propiedades de un sistema u objeto) directamente observables se caracterizan como empíricas. Las descripciones y explicaciones que utilizan referentes no directamente observables, pero creados por un discurso teórico de las ciencias, como en el caso de modelos de materia, se caracterizan como teóricas (Mortimer y Scott, 2000).

2.3.3. Aproximación comunicativa

El concepto de “aproximación comunicativa” es central en la estructura analítica, suministra una perspectiva acerca de *cómo* el profesor trabaja sus intenciones y el contenido de enseñanza mediante diferentes intervenciones pedagógicas que resultan en distintos patrones de interacción.

Identificamos cuatro clases de aproximación comunicativa, definidas por la caracterización del discurso entre el profesor y los alumnos y entre los alumnos en términos de dos dimensiones: discurso dialógico o de autoridad; discurso interactivo o no interactivo.

Cuando un profesor interactúa con los estudiantes en el aula de ciencias, la naturaleza de las intervenciones puede caracterizarse en términos de dos extremos. En el primero de ellos, el profesor considera que el estudiante presenta el punto de vista del propio estudiante; más que una “voz” es considerada y hay una interanimación de ideas. Este primer tipo de interacción constituye una aproximación comunicativa *dialógica*. En el segundo extremo, el profesor considera que el estudiante tiende a decir apenas el punto de vista del discurso científico escolar que está siendo construido. Este segundo tipo de interacción constituye una aproximación comunicativa *de autoridad*, donde una única “voz” es considerada y no hay interanimación de ideas.

En la práctica cualquier interacción, probablemente, contiene aspectos de ambas funciones, dialógica y de autoridad. Esta distinción entre las funciones dialógicas y de autoridad fue discutida por Wertsch (1993) y usada por Mortimer (1998) para analizar el discurso en un aula brasileña. Tiene como fundamento la distinción entre discurso de

Tabla 2. Intenciones del profesor.

Intenciones del profesor	FOCO
Generar un problema.	Involucrar a los estudiantes, intelectual y emocionalmente, en el desarrollo inicial de una “historia científica”.
Explorar la visión de los estudiantes.	Identificar y explorar las visiones e interpretaciones de los estudiantes sobre algunas ideas y fenómenos específicos.
Introducir y desarrollar una “historia científica”.	Disponer las ideas científicas (incluyendo temas conceptuales, epistemológicos, tecnológicos y ambientales) en el plano social del aula.
Guiar a los estudiantes en el trabajo con las ideas científicas, dar apoyo al proceso de internalización.	Dar oportunidad a los estudiantes de hablar y pensar con las nuevas ideas científicas, en pequeños grupos y mediante actividades con toda la clase. Al mismo tiempo, dar apoyo a los estudiantes para producir significados individuales, internalizando esas ideas.
Guiar a los estudiantes en la aplicación de las ideas científicas y en la expansión de su uso, transfiriendo progresivamente su control y responsabilidad.	Apoyar a los estudiantes para la aplicación de las ideas científicas enseñadas a una variedad de contextos y transferir a los estudiantes el control y la responsabilidad por el uso de esas ideas (Wood <i>et al.</i> , 1976)
Desarrollar una narración de apoyo a una “historia científica”.	Comentar el desarrollo de una “historia científica” a fin de ayudar a los estudiantes a seguir su evolución y a entender sus relaciones con el currículo de ciencias como un todo.

autoridad y discurso internamente persuasivo, introducida por Bakhtin (1981) y la noción de dualismo funcional de textos en un sistema cultural, discutida por Lotman (1988) (en Wertsch, 1993).

Una característica importante de la distinción entre las aproximaciones dialógica y de autoridad, en la comunicación en el aula, es que una secuencia discursiva puede identificarse como dialógica o de autoridad independientemente de si es enunciada por un único individuo o interactivamente. Lo que vuelve a un discurso funcionalmente dialógico es el hecho de que expresa más de un punto de vista, más que “una voz” es oída y considerada; no lo es porque sea producido por un grupo de personas o por un individuo solitario. Este último aspecto está relacionado a la segunda dimensión de la aproximación comunicativa, la que distingue entre discurso *interactivo*, el que ocurre con participación de más de una persona, y de discurso *no interactivo*, el que ocurre con la participación de una única persona. Estas dos

dimensiones pueden combinarse para generar cuatro clases de aproximación comunicativa. Sin embargo, cada una de estas cuatro clases, como se presentan a continuación, está relacionada con el papel de profesor al conducir el discurso de la clase, y son igualmente aplicables para caracterizar las interacciones que ocurren entre los estudiantes, por ejemplo, en pequeños grupos:

a. Interactivo/dialógico: profesor y estudiantes exploran ideas, formulan preguntas auténticas y ofrecen, consideran y trabajan diferentes puntos de vista.

b. No interactivo/dialógico: el profesor reconsidera, en su habla, varios puntos de vista, destacando semejanzas y diferencias.

c. Interactivo/de autoridad: el profesor generalmente conduce a los estudiantes por medio de una secuencia de preguntas y respuestas con el objetivo de llegar a un punto de vista específico.

d. No interactivo/de autoridad: el profesor presenta un punto de vista específico.

2.3.4 Patrones de interacción

El cuarto aspecto de nuestro análisis especifica los patrones de interacción que emergen en la medida en que el profesor y los alumnos alternan el habla en el aula. Los más comunes son las triadas I-R-E (iniciación del profesor, respuesta del alumno, evaluación del profesor [Mehan, 1979]); sin embargo, también pueden observarse otros patrones. Por ejemplo, en algunas interacciones el profesor apoya la elaboración del enunciado por el alumno mediante intervenciones cortas que muchas veces repiten parte de lo que el alumno acaba de decir, o suministran un *feedback* para que el estudiante elabore un poco más su discurso. Estas interacciones generan cadenas de turnos no triádicas del tipo I-R-P-R-P o I-R-F-R-F donde P significa una acción discursiva de permitir la prosecución del habla del alumno y F un *feedback* para que el alumno elabore un poco más su habla.

3. Procedimientos de obtención y análisis de los datos en el aula

Los datos del aula fueron reunidos en un grupo del 2° año de enseñanza media del Colegio Técnico de la Universidad Federal de Minas Gerais (alumnos de 16 a 17 años) durante la enseñanza de una unidad de Termoquímica. La situación de enseñanza analizada ocurrió dentro de la planeación normal dispuesta por la profesora para la unidad de Termoquímica. Fueron analizadas tres sesiones de una hora y cuarenta minutos cada una, dos clases fueron filmadas y transcritas por completo, y otra fue analizada a partir de las anotaciones de campo. Para cada clase se seleccionaron tres episodios para analizar, seleccionados por ser representativos de las interacciones ocurridas y por permitir sintetizar

la historia de la secuencia de enseñanza analizada. Las observaciones se centraron en un grupo de alumnos compuesto por cinco estudiantes, los más cercanos a la cámara, en cuya mesa había un micrófono semifijo, lo que permitió la transcripción de sus discursos en los episodios presentados. El grupo escogido como objeto de la investigación fue propuesto por la profesora, según un criterio de mayor participación e interés en las discusiones en el aula.

A partir de los datos obtenidos se identificaron las zonas de perfil conceptual que emergieron en la secuencia de las tres clases y se caracterizaron las dinámicas discursivas según la estructura analítica presentada.

4. Las zonas de perfil conceptual

Se propusieron tres niveles de comprensión para los principales conceptos de entropía y espontaneidad de los procesos fisicoquímicos, encontrados en el contexto histórico y en el aula. Para cada nivel se constituyó por lo menos una zona de perfil conceptual, como sigue: nivel perceptivo / intuitivo (zona perceptivo / intuitiva), nivel empírico (zona empírica) y nivel teórico (zona formalista y zona racionalista). Los niveles de comprensión expresan una dimensión más amplia de las ideas, las que pueden identificarse con otros conceptos que no estaban necesariamente considerados en este trabajo. Las zonas de perfil conceptual están vinculadas de forma más restringida a los conceptos de entropía y espontaneidad, implicados en la segunda ley de la termodinámica aplicada a las transformaciones fisicoquímicas. A continuación presentaremos, en forma sucinta, las principales ideas características de cada una de las zonas del perfil conceptual propuesto.

4.1 Zona perceptivo / intuitiva

En la zona perceptivo / intuitiva del perfil conceptual están comprendidas las ideas de espontaneidad que corresponden a las impresiones inmediatas, a las sensaciones e intuiciones, sin una estructuración o sistemación de esa información. La percepción inmediata y la intuición orientan al individuo en la construcción de sus nociones, conforme el contexto social e histórico en que se encuentran o con el cual interactúan. En esa zona también están comprendidas las ideas resultantes de una reflexión subjetiva y personal hecha a partir de la experiencia empírica relacionada con un fenómeno particular. De una forma general, la idea de espontaneidad está relacionada con la observación de los fenómenos que ocurren naturalmente, y son considerados espontáneos aquellos procesos que ocurren solos, sin interferencia externa.

Solamente para esa zona del perfil ilustraremos cómo los diferentes dominios genéticos se utilizaron en su determinación. Del contexto histórico, considerando el dominio genético sociocultural, se consideraron las concepciones de la

materia y sus transformaciones, tales como: las ideas de Aristóteles sobre un motor primordial perfecto que anima a la materia para el cambio y evolución, y la existencia de un lugar natural para el cual cada elemento se desplaza, lo cual sugiere una tendencia natural de la materia para la transformación; en el periodo de la alquimia las ideas animistas que atribuían características de seres vivientes a la materia, y la búsqueda de transmutaciones; la idea substancialista que consideraba al flogisto como un fluido, como una sustancia que penetraba y transformaba a la materia.

En relación al dominio ontogénico, se consideraron las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los estudiantes respecto a las transformaciones fisicoquímicas. A partir de estos estudios fue posible identificar ideas tales como: la reacción química ocurre porque es un hecho esperado y tiene que ocurrir (Andersson, 1986), o incluso “es natural o esperado que sea así” (Rosa y Schnetzler, 1998); la transformación química explicada como una tendencia natural de algunos materiales (Mortimer y Miranda, 1995) y otros. Estos trabajos ilustran las concepciones de los alumnos que parecen tomar por base la percepción inmediata e intuitiva de los fenómenos.

En relación al dominio microgenético, se consideraron las ideas que surgieron en el contexto del aula investigada, tales como: espontáneo es todo proceso que ocurre naturalmente, todo lo que puede modificarse sin que ninguna acción explícita sea ejecutada y sin que se imponga alguna condición.

De una forma general, podemos considerar que las ideas características de la zona perceptivo/intuitiva se favorecen por el uso de las sensaciones e intuiciones en el análisis de fenómenos, a partir de la observación no problematizada o del uso de las percepciones más inmediatas sobre las transformaciones fisicoquímicas. Las ideas surgidas en ese contexto no están necesariamente comprometidas con la visión científica, pero representan una forma de pensar profundamente arraigada en la cultura cotidiana.

4.2 Zona empírica

En la zona empírica del perfil se consideraron las ideas que surgen a partir de la discusión de experimentos o fenómenos, en la cual resaltan las condiciones necesarias para que un proceso ocurra espontáneamente. Estas condiciones serían físicas (temperatura, presión, etcétera) y aquéllas establecidas por la expresión de variación de entropía del Universo, que considera que un proceso es espontáneo cuando $\Delta S > 0$ (variación de entropía del Universo mayor que cero). El uso de esta expresión fue considerado como característico de la zona empírica porque, en una primera aproximación, los estudiantes tienden a considerar los valores de la variación de la entropía como una medida del aumento o disminución del desorden. Esta zona de perfil fue constituida por las ideas

que surgieron en la discusión sobre procesos fisicoquímicos, en la cual se utilizaron las ideas científicas incipientes para la interpretación y análisis de los fenómenos.

4.3 Zona formalista

Esta zona se caracteriza por el uso de algoritmos y fórmulas matemáticas para el análisis de los procesos, sin implicar un completo entendimiento de las relaciones conceptuales involucradas. De una forma general, los alumnos utilizan la expresión de energía libre —una noción más compleja que relaciona entropía, entalpía y temperatura— pero no presentan una comprensión clara de lo que esta energía representa. La dirección para que ocurra espontáneamente un proceso está determinada por la disminución de la energía libre y , en términos del formalismo matemático, está representada por el signo negativo para la variación de la energía libre, $\Delta G < 0$. Muchas veces, el valor para la variación de la energía libre se calcula a partir de los valores presentados por la temperatura, T , la variación de entropía del sistema, ΔS , y para la variación de entalpía, ΔH . Otras veces, a partir de los valores para ΔS y ΔH puede determinarse la temperatura a la cual un determinado proceso ocurrirá espontáneamente.

4.4 Zona racionalista

La zona racionalista del perfil comprende las ideas acerca de la espontaneidad de los procesos que implican una distribución de energía en un nivel atómico-molecular y una mayor aleatoriedad espacial. A pesar de haber un predominio en el uso del formalismo matemático, consideramos que hay una racionalización de las ideas cuando los alumnos piensan en la espontaneidad de los procesos a partir de modelos de distribución de energía molecular, y también cuando hubo una comprensión de la entropía dentro de una noción más compleja expresada por la energía libre. El uso del formalismo matemático puede llevar a un debate conceptual acerca de si los significados para entropía y energía libre fueron debidamente comprendidos y discutidos. La relación entre la variación de entropía y la variación de entalpía, en la expresión de energía libre, puede ser discutida en el sentido de establecer que una variación de la energía libre expresa una característica de los procesos naturales, la de ser espontáneos cuando ocurre una disminución de energía interna y un aumento de “desorden”. Podríamos generalizar esas tendencias diciendo que, en el Universo, los sistemas aislados tienden a la mínima energía interna y a la máxima entropía.

5. Análisis de un episodio a partir de los datos del aula

Los datos reunidos en el aula fueron analizados considerando los aspectos epistemológicos y discursivos presentes en el discurso producido por los alumnos y por la profesora y presentado por el libro de texto. Los aspectos epistemoló-

gicos fueron identificados a partir de las zonas de perfil conceptual y los aspectos discursivos fueron analizados conforme a las categorías propuestas por Mortimer y Scott (2002, 2003). El análisis fue hecho a partir de tres episodios extraídos de cada una de las tres clases. La evolución dinámica de cada una de las categorías de análisis epistemológico y discursivo fue analizada en términos de toda la secuencia.

En este trabajo, no es posible mostrar el análisis hecho para toda la secuencia y, para ejemplificar, solamente presentaremos los datos referentes a un episodio de la segunda clase. Podemos considerar que estos datos son representativos con relación a la estrategia de análisis utilizada para toda la secuencia de clases. En la siguiente sección presentaremos algunas tablas que resumen el análisis de la secuencia de las tres clases para ilustrar el conjunto del análisis realizado.

La segunda clase se dio siete días después que la primera. Durante ese intervalo, los alumnos no tuvieron clases de Química y debían leer parte del libro de texto —entropía de un sistema, entropía de los alrededores y espontaneidad, para ser discutida en la segunda clase. Los alumnos entregaron por escrito preguntas acerca del texto; esta tarea era parte del proceso de evaluación de los alumnos. Por la secuencia propuesta en el libro, en la segunda clase se continuaba el estudio de la entropía con la expresión $\Delta S_{\text{Universo}} = \Delta S_{\text{Alrededores}} + \Delta S_{\text{Sistema}}$, incluyendo una discusión de las definiciones termodinámicas —Universo, Sistema, Alrededores— que soportan y crean un contexto específico para la comprensión de ese concepto.

Para ilustrar el análisis y la clasificación realizados a partir de los episodios; mostramos en la tabla 3 una parte de uno de los tres episodios analizados en el aula. La numeración de este episodio indica que es el primero de la segunda clase el que fue seleccionado para el análisis.

Para el análisis del episodio fueron identificadas las zonas de perfil conceptual que surgieron en cada trecho del episodio, de modo que la unidad de análisis utilizada está determinada a partir de las zonas de perfil conceptual. Cada trecho está categorizado en relación a una de las zonas de perfil y este segmento se considera como unidad de análisis de los aspectos discursivos. A continuación presentamos de forma breve el análisis hecho para el episodio presentado en este trabajo.

5.1 Aspectos de las zonas de perfil conceptual y de la aproximación al contenido

En el episodio 2.1, a diferencia de la clase anterior, los alumnos no hicieron asociaciones entre distribuciones de las moléculas y desorden; sin embargo, la ausencia de referencias empíricas parece dar lugar a otras preguntas relativas

a las dimensiones atómico moleculares de la materia, que demandan una mayor capacidad de abstracción de los alumnos (turnos 13-18). Ante una representación para las moléculas como bolitas, los alumnos se confundieron en la identificación de los conceptos, refiriéndose a entidades empíricas (gases), la propia representación (bolitas) o a entidades teóricas (moléculas). La discusión muestra un desplazamiento de un nivel de comprensión empírico para un nivel teórico, o sea, una idea de más fácil asociación empírica —el desorden o la desorganización— fue sustituida por ideas abstractas acerca de la distribución de energía, en la tentativa de profundizar en la comprensión del concepto de entropía. El texto del libro (turno 2) presenta una visión racionalista para el concepto, introduce una generalización teórica, analizando la espontaneidad de los procesos a partir del aumento de entropía, relacionado éste con un estado que presenta un mayor número posible de distribuciones equivalentes de las moléculas. A partir de la lectura, la profesora buscó verificar la comprensión de los alumnos en relación a los conceptos y ellos elaboraron una pregunta acerca de la distribución equivalente de las moléculas (turnos 3-6). La profesora retomó la discusión sobre las figuras a partir de una descripción teórica de los arreglos (turno 7) y cuestionó la comprensión de la equivalencia de los mismos. El objetivo de la profesora era intentar justificar la existencia de arreglos que poseen el mismo número de bolitas y con colores invertidos, en cada uno de los lados del dibujo (turno 9) y así ella continúa el desarrollo de una visión racionalista iniciada por el libro, a partir de una representación simbólica. La profesora buscó dar significado a lo que es equivalente a partir de la distinción en relación a lo que es idéntico (turno 9-12). La discusión muestra que los alumnos intentan comprender las representaciones hechas en las figuras (turno 13) e identificar los símbolos utilizados (turnos 14, 16 y 17). Buscaban comprender lo que representan las bolitas mostradas en la figura, refiriéndose a ellas como si fuesen gases (turno 14), o como si fuesen moléculas (turno 17) hasta que la profesora presenta la palabra final, identificando las bolitas como moléculas (turno 18). Como la discusión en ese trecho no es acerca de la espontaneidad propiamente dicha, sino que tiene por objetivo ajustar la perspectiva referencial, en el sentido de llegar a un referente común a todos los participantes que está siendo representado por las bolitas, no tiene sentido identificar esa discusión en una zona de perfil. Sin embargo, en términos generales, la discusión parece representar una transición entre una forma empírica de pensar un fenómeno y una forma teórica.

A continuación, en la secuencia del episodio 21, el texto del libro (turno 19) propone una expresión para entropía en la cual están implícitas las definiciones termodinámicas de Universo, sistema y alrededores. Estas definiciones no son

Tabla 3. EPISODIO 2.1: Discusión de algunos aspectos conceptuales de entropía.¹

1. P: Vamos a continuar la lectura del texto /
2. A4: LECTURA DEL TEXTO: <i>Hasta este momento, nuestra conclusión es que las transformaciones espontáneas son aquellas que ocurren con un aumento de entropía, o sea, las que tienen a un estado con el mayor número posible de distribuciones equivalentes entre las moléculas, que es el estado de mayor entropía.</i>
3. P: TA (+) vamos a parar un momentito aquí (++) ¿Todo bien en relación a estos conceptos?
4. A?: No /
5. P: ¿Cuál es el problema?
6. A4: ¿Qué es esa distribución equivalente entre las moléculas?
7. P: Son esas distribuciones aquí ¡oh! (+) ((mostrando las figuras del libro, con tres posibles arreglos de moléculas I, II y III)) ¿No tenías inicialmente las moléculas todas de un lado? (+) y el otro grupo está vacío? (+) ¿Al abrir la llave cómo? (+) Tienes varias distribuciones posibles (+) ¿cuáles (...).
8. A4: Hum
9. P: ¿Está claro? Entonces son distribuciones (+) ¿son idénticas? ¿son idénticas? ¿Cuál es la diferencia entre idéntica y equivalente? ((ella se refería al arreglo III, resaltando el hecho de que, en algunos arreglos, los pares de bolitas tienen colores iguales pero están colocados en lados opuestos))
10. A2: Idéntico es ser igualito.
11. A?: Inaudible
12. P: Equivalente es que tienen el mismo número (+) ¿no es así? Pero (+) ¿por qué no son idénticas?
13. A4: Porque no son las mismas bolitas que son...
14. A2: Porque no son los mismos gases...
15. P: Los mismos gases no /
16. A4: Las mismas bolitas...
17. A2: Las mismas moléculas...
18. P: Las mismas moléculas (+) por eso se representan con diferente color (+) ¿No es así? Si fuesen todas las moléculas (+) si siempre saliesen todas las moléculas (+) ahí no sería igual (+) no tendría sentido (+) ¿Sí? Pero si siempre una molécula diferente está saliendo (+) entonces tienes distribuciones que son equivalentes (+) ¿Todo bien? Entonces (+) podemos continuar.
19. LECTURA DEL TEXTO: <i>Hasta ahora consideramos apenas la entropía del sistema, pero tenemos también la entropía de los alrededores, pues la segunda ley de la termodinámica puede ser escrita de la siguiente forma: en cualquier proceso espontáneo hay un aumento de entropía del Universo. Para el caso de los sistemas que estamos estudiando, podemos considerar que la "entropía del Universo" es la suma de las entropías del sistema y de los alrededores. Así una variación de entropía del universo puede ser definida como: $\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{alrededores}}$.</i>
20. P: Hasta ahí (+). Hubo algunas personas que mostraron algunas dificultades en entender lo que es esa entropía del Universo ((refiriéndose a las cuestiones que los alumnos entregaron por escrito al inicio de la clase)) (+) ¿Y qué significa eso? (+) escribir eso aquí? (+) ((apuntando a la expresión escrita en la tabla)) ¿O qué es esa entropía del Universo?
21. A2: La distribución de las moléculas en general /
22. P: ¿Tienen?
23. A4: La entropía general /
24. P: ¿La entropía general? (+) ¿Qué es el Universo?
((la profesora continúa con una explicación acerca de lo que es el universo termodinámico y el episodio sigue hasta el turno 37))

¹ Los signos sugeridos por Marcuschi (1991), utilizados en la transcripción de los episodios en este trabajo son:
 (+) representan las pausas, una mayor cantidad de signos indica pausa más larga.
 () transcripciones en las cuales hay dudas transcrições sobre as quais há dúvidas sobre lo que fue transcrito.
 (()) comentarios del transcriptor
 / cortes bruscos del discurso oral

Los énfasis fueron destacados en mayúscula.

Las dudas o enunciados inconclusos se representan con puntos suspensivos.

La omisión de trozos de la transcripción se indica con puntos suspensivos entre paréntesis (...).

Una interrogación después de la letra A (A?) indica a un alumno que no fue posible identificar.

discutidas en el texto, que enfatiza una expresión de entropía a partir de una generalización teórica – “en cualquier proceso espontáneo hay un aumento de entropía del Universo” – tomando por base la expresión formal que establece que “la entropía del Universo es la suma de las entropías del sistema y de los alrededores”. Consideramos que el formalismo imprime un carácter teórico al concepto, pero no se traduce en una comprensión profunda del mismo y, de esa forma, se caracterizan en una dimensión específica de nivel teórico de comprensión que caracterizamos como pertenecientes a la zona formalista del perfil.

Después de la lectura del texto, antes de iniciar la discusión sobre la expresión de la entropía, la profesora discutió con los alumnos las definiciones termodinámicas de Universo, sistema y alrededores. Interrogados por la profesora acerca de lo que significa la entropía del Universo (turno 20), los alumnos intentaron identificar esas definiciones con una discusión inmediatamente anterior, hablando de “las distribuciones de las moléculas en general” (turno 21) o intentando ampliar la extensión alcanzada del concepto de entropía – “a entropía general” (turno 23). Los términos “generales” y “general” parecen dar forma al sentido atribuido por los alumnos al hecho de referir la entropía al Universo, representando una comprensión del Universo cosmológico que está más próxima al sentido común. En ese momento, las ideas de los alumnos representan un nivel perceptivo/intuitivo sobre el Universo, una vez que parecen describir sus impresiones más inmediatas. La profesora reforzó la pregunta sobre la definición del Universo (turno 24) y sigue con una explicación sobre el universo cosmológico que aparecerá en su habla, en el turno 26.

En esta parte del episodio podemos percibir un predominio de la zona racionalista del perfil. Sin embargo, de una forma general, podemos considerar que las ideas características de las zonas empírica y racionalista del perfil surgieron a partir de la lectura del libro y no del discurso de la profesora, en el segundo día de clase. La discusión entre la profesora y los alumnos incluyó ideas características de una transición entre las zonas empírica y racionalista del perfil, y los alumnos comenzaron a expresar ideas próximas a las aceptadas científicamente. Este hecho indica que, con el soporte dado por la profesora y por el libro, los alumnos comenzaron a construir un entendimiento científico para la espontaneidad de los procesos fisicoquímicos, a partir de la discusión hecha en el aula. La zona formalista del perfil emergió cuando fue introducida la expresión matemática para el concepto de entropía y el formalismo matemático pasó a predominar en las discusiones. De la misma forma que con las otras zonas, las ideas características de la zona formalista del perfil surgieron primeramente en el discurso del libro y de la profesora, y, al final de la segunda clase, los

alumnos pasaron a incorporar esas ideas en su discurso, cuando terminó la discusión con la profesora.

En esa clase, la lectura del libro ocupó una gran parte del tiempo y la profesora tenía el propósito de desarrollar las ideas científicas. En ese contexto, los episodios muestran que la aproximación al contenido asumió predominantemente la forma de las explicaciones y las generalizaciones, empíricas y teóricas. La aproximación a los fenómenos, anteriormente hecha apenas en el plano de las descripciones empíricas, pasó a ser hecha en el sentido de buscar una explicación para los hechos observables y no observables. Esas formas de aproximación al contenido fueron posibles a partir de las discusiones conceptuales sobre la entropía y la aplicación de este concepto para la comprensión de los procesos fisicoquímicos.

5.2 La aproximación comunicativa y los patrones de interacción

En el episodio presentado, la lectura de los textos del libro sugiere una aproximación comunicativa predominantemente no interactiva / de autoridad, que algunas veces es asumida por la propia profesora. Sin embargo, la profesora hace interrupciones a la lectura provocando la participación de los alumnos en las discusiones y adoptando, de esta forma, una aproximación interactiva, algunas veces con una dimensión dialógica (9-17, 20-24) y en otras con una dimensión de autoridad (3-7, 18). Esas diferentes aproximaciones pueden caracterizar un estilo propio de la profesora para desarrollar una visión científica, sin perder de vista que los alumnos pueden atribuir otros significados a lo que está siendo explicado. En este sentido, la postura de la profesora puede ser representativa de la idea bakhtiniana de que toda comprensión es dialógica, en el sentido de que la persona en proceso de entendimiento formula sus propias “contra-palabras” a lo que está siendo dicho.

De la misma forma que los tipos de aproximaciones comunicativas son diversas y se alternan en la dinámica del aula, los patrones de interacción son muy variados y pueden adquirir un formato triádico evaluativo (I-R-E) y también aparecer en forma de cadenas que dan continuidad al flujo del discurso (I-R-P-Ra₁-Ra₂-P-Ra₁-Ra₂-E) (por ejemplo, 9 a 18) en el intento de hacer que los alumnos alcancen una comprensión significativa para los temas discutidos. Es importante subrayar que, debido a la forma de presentar los datos, estructurados en términos de turnos de habla, un mismo turno puede contener una evaluación y una iniciación de una nueva triada.

En este episodio, los alumnos parecen estar organizando/construyendo sus propias nociones, que son expresadas de forma vaga, y que no poseen un formato o un género de discurso definido. Por otro lado, la profesora y el libro hacen

uso del género de discurso de la ciencia escolar en la presentación de la visión científica de los conceptos. Con todo, los alumnos no se apropiaron de los significados ni de los modos de expresión usados en el texto y por la profesora. En algunos momentos usaron expresiones que sugieren un género de discurso primario (turnos 10 y 16).

En la tabla 4 resumimos el análisis hecho para un trecho de este episodio. Allí están relacionados cinco segmentos; cada uno corresponde a una zona del perfil conceptual o a una transición entre ellas. Y es con esos segmentos, considerados como unidades de análisis para expresar los cambios en la zona de perfil conceptual subyacente al discurso, que construiremos las tablas resumidas para analizar la secuencia de enseñanza como un todo. Presentamos dos de estas tablas a continuación (tablas 4 y 5).

6. Algunos resultados del análisis de secuencia de las tres clases

El mismo procedimiento analítico, mostrado en relación a esa parte del episodio 2.1, fue usado para el conjunto de datos reunidos durante la secuencia de las tres clases. Por medio de ese procedimiento, fue posible obtener cuadros resumidos de análisis, donde cada uno destaca esos aspectos. En esta sección presentaremos dos de esas tablas sintéticas y, de ahí, una tercera tabla donde procuramos sintetizar las relaciones entre los aspectos discursivos y epistemológicos que surgieron del análisis de la secuencia de las tres clases.

6.1 Las zonas de perfil conceptual

La tabla 4 presenta la dinámica de aparición de las zonas propuestas para el perfil conceptual de espontaneidad y entropía, en la secuencia de las clases. Las zonas se identificaron de la siguiente forma: zona perceptiva/intuitiva (PI-);

zona empírica (E); zona formalista (F) y la zona racionalista (R).

Las transiciones entre zonas fueron representadas por el llenado de los cuadros que corresponden a las zonas en cuestión.

De una forma general, esas transiciones representan la tendencia al cambio del nivel de comprensión en que ocurre la discusión, o bien la articulación de ideas características de diferentes zonas del perfil. Los sujetos que están involucrados más directamente con la aparición de una zona del perfil fueron indicados entre paréntesis. Ya comentamos que la unidad de análisis utilizada corresponde a una zona del perfil conceptual o a una transición entre las dos zonas que predominaron en el trecho analizado. Así, cada línea de la tabla 5 corresponde a un segmento del episodio en que predominan las ideas de una determinada zona del perfil conceptual o de una transición entre ellas. Cada uno de esos segmentos pertenece a un episodio, de modo que en la tabla 4 cada episodio está delimitado por un borde más oscuro.

De acuerdo con la tabla 5, podemos observar que, en el momento inicial del primer día de clase, la discusión incluyó predominantemente ideas que podían caracterizarse como pertenecientes a la zona perceptivo/intuitiva. La profesora tenía la intención de crear un problema y de explorar las ideas de los alumnos. Para eso, adoptó una aproximación comunicativa interactiva / dialógica y contó con una buena participación de alumnos. A partir de la lectura del texto, el concepto de entropía fue introducido, inicialmente, con la discusión de ejemplos, lo que hizo surgir las ideas características de la zona empírica del perfil. Sin embargo, la discusión con los alumnos continuó, predominantemente, en el contexto de la zona perceptivo/intuitiva.

Al proseguir la lectura del libro, la entropía fue presentada en una aproximación conceptual, introduciendo la

Tabla 4. Resumen del análisis hecho para parte del episodio 2.1 presentado en este trabajo (en este episodio hay otros tres segmentos que no fueron presentados).

Trozos	Zonas	Aproximación al contenido	Intenciones de la profesora	Aproximación comunicativa	Patrones de interacción
Turno 2 (libro)	Racionalista	Generalización teórica	Desarrollar las ideas científicas	No interactiva/ de autoridad	—
Turnos 3-8 (profa.)	Racionalista	Descripción teórica	Verificar las ideas de los alumnos	Interactiva/ de autoridad	(3-7) I-R-P-R-A
Turnos 9-18 (profa/ alumnos)	Empírica/ racionalista	Explicación teórica	Verificar las ideas de los alumnos	Interactiva/ de autoridad	I-R-P-Ra ₁ -Ra ₂ -P-Ra ₁ -Ra ₂ -A
Turnos 19 (libro)	Formalista	Generalización teórica	Desarrollar las ideas científicas	No interactiva/ de autoridad	—
Turnos 20-24 (alumnos)	Perceptiva/Intuitiva	Descripción empírica	Verificar las ideas de los alumnos	Interactiva/ dialógica	(20-26) I-R-P-R-P-R(?) -A/I

DE ANIVERSARIO

Tabla 5. Dinámica de aparición de las zonas de perfil en la secuencia de clases.

Zona Perceptiva/ Intuitiva	Zona Empírica	Zona Formalista	Zona Racionalista
PRIMERA CLASE			
PI (alumnos)			
PI (profa. y alumnos)			
PI (alumnos)			
	(introduciendo las zonas científicas)		
	(introduciendo las zonas científicas)		
	E (libro)		
	E (libro)		
PI (alumno)			
PI (profa. y alumnos)	E (profa. y alumnos)		
	E (libro)		
	E (libro)		R (libro)
PI (alumnos)			
	E (libro y profa.)		R (libro y profa.)
P/I (alumnos)			
			R (libro)
	E (profa. y alumnos)		
SEGUNDA CLASE			
			R (libro)
			R (profa.)
	E (profa. y alumnos)		R (profa. y alumnos)
		F (libro)	
PI (Alumnos)			
	E (profa. y alumnos)		R (profa. y alumnos)
		F (libro)	
		F (profa.)	
	E (libro)		
	E (profa.)		
			R (profa.)
	E (profa. y alumnos) (alumnos)		R (profa. y alumnos) (alumnos)
	E (profa.)		R (profa.)
	E (libro)		
		F (profa.)	
	E (profa. y alumnos)		
	E (profa. y alumnos)	F (profa. y alumnos)	
	E (libro)		
TERCERA CLASE			
		F (profa. y alumnos)	
PI (profa. y alumnos)			
		F (profa. y alumnos)	
		F (profa. y alumnos)	
		F (profa. y alumnos)	
	E (profa. y alumnos)	F (profa. y alumnos)	
		F (profa. y alumnos)	
	E (profa. y alumnos)	F (profa. y alumnos)	
	E (profa. y alumnos)	F (profa. y alumnos)	
PI (profa. y alumnos)		F (profa. y alumnos)	
		F (alumnos)	
PI (profa. y alumnos)			
	E (profa. y alumnos)		
		F (profa. y alumnos)	

visión científica para la espontaneidad, y las ideas que circulaban eran características de la zona racionalista del perfil. Es interesante percibir que las zonas empírica y racionalista surgen del texto y no del discurso de la profesora, además de que no aparecen en el discurso de los alumnos.

En el segundo día de clases, las ideas características de las zonas empírica y racionalista del perfil volvieron a circular a partir de la lectura del libro y no del discurso de la profesora. La discusión implicó ideas características de una transición entre las zonas empírica y racionalista del perfil, y los alumnos comenzaron a expresar ideas cercanas a las aceptadas científicamente. Este hecho indica que, con el apoyo dado por la profesora y por el libro, los alumnos posiblemente comenzaron a construir un entendimiento científico para la espontaneidad de los procesos químicos y físicos, a partir de la discusión hecha en el aula.

En esta segunda clase, la zona formalista del perfil surgió cuando se introdujo una expresión matemática para el concepto de entropía y el formalismo matemático comenzó a predominar en las discusiones.

De la misma forma que ocurrió con las otras zonas, las ideas características de la zona formalista del perfil surgieron primeramente en el discurso del libro y de la profesora, y, al final de la segunda clase, los alumnos incorporaron esas ideas a su discurso por medio de la discusión con la profesora.

El tercer día de clase, las ideas fueron discutidas predominantemente en el contexto de la zona formalista del perfil. La profesora introdujo la expresión para energía libre, básicamente, a partir del formalismo matemático, tomando por base el texto, y los alumnos aplicaron ese formalismo matemático en la resolución de ejercicios. En esa actividad, la discusión entre la profesora y los alumnos del grupo observado incluyó ideas que eran características de las zonas empírica y formalista y presentó una articulación entre esas dos zonas de perfil. Es interesante resaltar que no se realizó una aproximación conceptual para la energía libre, y eso parece reflejarse en el hecho de que en la zona racionalista del perfil no emergió en las discusiones presentadas en los episodios del aula.

La dinámica de aparición de las zonas de perfil en la secuencia de clases parece presentar características diferentes, si fueran considerados separadamente los discursos de los alumnos, de la profesora y del libro en el aula. De una forma general, a lo largo de toda la secuencia, hubo discusiones de ideas características de la zona empírica del perfil, considerando el discurso del libro y de la profesora. Pudo verificarse, a lo largo de la secuencia, un movimiento tanto en las ideas como en los sujetos que aparecen predominantemente en la discusión. En cuanto a las discusiones iniciales, incluyeron predominantemente intervenciones orales de los alumnos caracterizadas como pertenecientes a la zona per-

ceptivo/intuitiva, las discusiones finales mostraron un predominio de ideas características de la zona formalista del perfil, principalmente en el discurso de la profesora y entre ella y los alumnos.

Una etapa intermedia de ese desplazamiento muestra la presentación de las ideas relativas a la zona racionalista del perfil, considerando predominantemente el discurso del libro didáctico y de la profesora. La discusión de las ideas en el contexto de la zona racionalista parece haber sido reemplazada por la discusión de las ideas en el contexto de la zona formalista, al final de la secuencia.

Un punto interesante por resaltar es respecto a la zona empírica del perfil, que aparece significativamente en todas las clases de la secuencia, y parece representar una zona de articulación entre los niveles perceptivo/intuitivo y teórico de comprensión para el concepto de espontaneidad. De una forma general, las transiciones entre las zonas de perfil incluyeron la zona empírica. En un primer momento se observaron transiciones de la zona perceptiva/intuitiva hacia la zona empírica y, más tarde, de la zona empírica a las racionalista y formalista del perfil. Esas transiciones ocurrieron como momentos de la discusión y reflexión de las ideas científicas y están fuertemente vinculadas al papel articulador desempeñado por la profesora. Las transiciones entre las zonas del perfil ocurrieron cuando la profesora discutió los procesos espontáneos, considerando tanto las ideas informales de los alumnos cuanto las explicaciones y generalizaciones presentadas desde el punto de vista científico.

6.2 Una aproximación comunicativa

La tabla 6 muestra la aparición de los tipos de aproximación comunicativa a lo largo de las sesiones, que fueron representados de la siguiente forma: I/D (interactivo/dialógico); I/A (interactivo/de autoridad); NI/D (no interactivo/dialógico) y NI/A (no interactiva/de autoridad). En la tabla 6 están indicados los tres días de clase y los episodios extraídos de cada uno de los días de clase. Estos últimos fueron delimitados por un borde oscuro, y cada una de las líneas comprendidas en un episodio representa un segmento del mismo, delimitado de la misma forma que en la tabla 5. De esa manera, en cada línea se indicará un tipo de aproximación comunicativa que corresponde a ese segmento del episodio.

La tabla 6 muestra que la profesora usó predominantemente una aproximación comunicativa interactiva en la secuencia de clases, lo que puede caracterizar un estilo propio de enseñanza, o bien, que ella compartía la propuesta pedagógica del libro de texto. La participación de los alumnos en la construcción de los significados en el aula fue parte de la propuesta pedagógica del libro de texto. Esta participación fue estimulada por la profesora a partir de la lectura del texto. En esos momentos, la profesora y los alumnos

Tabla 6. Dinámica de los tipos de aproximación comunicativa en la secuencia de clases.

PRIMERA SESIÓN			
I/D			
I/D			
I/D			
			NI/A
			NI/A
			NI/A
I/D			
I/D			
	I/A		
		NI/D	
			NI/A
	I/A		
	I/A		
	I/A		
			NI/A
	I/A		
SEGUNDA SESIÓN			
			NI/A
	I/A		
	I/A		
			NI/A
I/D			
	I/A		
			NI/A
			NI/A
			NI/A
	I/A		
			NI/A
	I/A		
	I/A		
	I/A		
			NI/A
TERCERA SESIÓN			
	I/A		
			NI/A
I/D			
			NI/A
	I/A		
	I/A		

extrajeron del texto la información que iría a subsidiar la discusión en el aula. De esta forma, los segmentos de episodio que se refieren a la lectura del libro de texto fueron considerados como representativos de una aproximación no interactiva/ de autoridad. Muchos indicadores de ese tipo de aproximación (indicado por NI/A en la tabla 6), se refieren al libro didáctico y no a la profesora. Es importante resaltar que las interacciones, en la mayoría de las veces, son iniciadas, directa o indirectamente, a partir del texto, cuando la profesora interrumpe la lectura con el propósito de discutir las ideas presentadas.

Al transcurrir la secuencia de las clases, podemos observar que el discurso de autoridad se va transformando en predominante. Al final de la secuencia, el uso casi exclusivo de este tipo de aproximación puede atribuirse al hecho de que la discusión de las ideas científicas se va volviendo predominante en el discurso producido en el aula. En el análisis de la aproximación comunicativa es importante considerar las diferentes intenciones de la profesora a lo largo de la secuencia de clases. El primer día, la profesora tenía el propósito de generar un problema y de explorar las ideas propias de los alumnos, lo que fue posibilitado por las interacciones más dialógicas. A partir del segundo día de clase, la intención de la profesora fue, predominantemente, desarrollar y aplicar las ideas científicas, lo que parece estar relacionado a un tipo de aproximación de autoridad. En ese contexto, las interacciones dialógicas fueron escasas, una vez que, cuando los alumnos presentaron sus preguntas o expresaron sus ideas, la discusión fue conducida en el sentido de fortalecer el punto de vista científico sobre los fenómenos. En el tercer día de clase, el tratamiento matemático dado a la expresión de energía libre de Gibbs reforzó el establecimiento de las interacciones de autoridad. Sin embargo, la aplicación de la expresión de energía libre para la decisión sobre la espontaneidad de los procesos, en la actividad de resolución de ejercicios, parece abrir nuevas perspectivas de interacciones dialógicas, principalmente entre los alumnos, en la discusión en grupo. En ese momento, el esclarecimiento de las dudas de los alumnos parece demandar una postura de autoridad por parte de la profesora, en sus intervenciones ante el grupo.

6.3 Sistematización de las relaciones entre los aspectos epistemológicos y discursivos en el aula

La misma síntesis que presentamos en las tablas 5 y 6 fue realizada también para los otros tres aspectos discursivos de la estructura analítica que fue utilizada, a saber: intenciones del profesor, contenido y patrones de interacción. De esa manera, fue posible establecer relaciones entre las formas de pensar, caracterizadas en términos de niveles de comprensión y las zonas de perfil conceptual de entropía y esponta-

neidad, y los modos de hablar, caracterizados en términos de estructura analítica.

La tabla 7 muestra algunas relaciones entre las zonas del perfil que surgieron en las discusiones de la profesora con los alumnos y los aspectos discursivos establecidos en el aula. Es importante aclarar que esas relaciones son consideradas para las clases investigadas en este trabajo cuando se estudiaron los conceptos de entropía y espontaneidad. De esa forma, no pueden ser tomadas como relaciones generales entre los aspectos epistemológicos y discursivos presentes en cualquier aula. Con la tabla 7 pretendemos mostrar que cada nivel de comprensión, expresado en las zonas de perfil propuestas para los conceptos estudiados, parece estar relacionado a algunos aspectos discursivos más que a otros. Y lo inverso también puede ser verdadero: algunos aspectos discursivos parecen estar más asociados a una zona de perfil que a otras.

Podemos considerar que la aparición de ideas perceptivas/intuitivas de los alumnos en la discusión fue favorecida por una aproximación comunicativa interactiva/dialógica, que permitió a los alumnos expresar libremente sus ideas. Esto ocurrió cuando la intención de la profesora era generar un problema o explorar las ideas de los alumnos. En ese contexto, el contenido fue abordado predominantemente en la forma de descripciones empíricas. En el nivel teórico de comprensión de conceptos, cuando la intención de la profesora fue desarrollar la visión científica de los conceptos, la discusión incluyó predominantemente ideas presentes en la zona racionalista del perfil y la aproximación al contenido

fue hecha en la forma de explicaciones y generalizaciones teóricas y empíricas. La profesora estableció una aproximación comunicativa predominantemente interactiva/de autoridad, y los patrones triádicos y las cadenas de interacción aparecieron aproximadamente con la misma frecuencia en el discurso. Además, en el nivel teórico de comprensión, cuando prevaleció la intención de la profesora en aplicar las ideas científicas, la discusión incluyó ideas caracterizadas en la zona formalista del perfil. Las generalizaciones empíricas y teóricas fueron predominantes en la forma de la aproximación al contenido. La aproximación comunicativa interactiva/de autoridad fue la única usada por la profesora y el patrón I-R-A fue el predominante en las interacciones. Considerando que las discusiones que incluyeron las ideas características de la zona empírica del perfil estuvieron presentes en toda la secuencia de clases, esa zona de perfil parece incluir la mayor parte de los aspectos discursivos observados en el aula. Sin embargo, una aproximación comunicativa interactiva/de autoridad fue predominante para las discusiones en ese nivel. Vale resaltar que, en el contexto de la zona empírica, ocurrió la mayor parte de las transiciones entre las zonas de perfil y, por esa razón, probablemente, se han reunido los aspectos discursivos relativos a las diferentes zonas del perfil.

Consideraciones finales

En este trabajo proponemos un perfil conceptual relativo a la segunda ley de la termodinámica, aplicada a las transformaciones químicas y físicas, teniendo como foco los concep-

Tabla 7. Relaciones entre aspectos epistemológicos y discursivos en el aula.

NIVELES EPISTEMOLÓGICOS	PERCEPTIVO/ INTUITIVO	EMPÍRICO	TEÓRICO		
			Zonas del perfil	Formalista	Racionalista
ASPECTOS DISCURSIVOS PREDOMINANTES					
INTENCIONES DEL PROFESOR	Generar un problema. Explorar las ideas de los alumnos.	Generar un problema. Explorar (y verificar) las ideas de los alumnos. Desarrollar y aplicar la visión científica.	Aplicar las ideas científicas.	Desarrollar la visión científica del concepto.	
APROXIMACIÓN DEL CONTENIDO	Descripción empírica.	Explicaciones empírica y teórica. Generalizaciones empírica y teórica.	Generalizaciones empírica y teórica.	Explicaciones empírica y teórica. Generalizaciones teóricas.	
APROXIMACIÓN COMUNICATIVA	Interactiva/dialógica.	Interactiva/de autoridad.	Interactiva/de autoridad.	Interactiva/de autoridad.	
PATRONES DE INTERACCIÓN	No fue posible determinar (sesión no grabada).	I-R-A y cadenas.	I-R-A	Cadenas e I-R-A.	

tos de entropía y espontaneidad. Ese perfil fue utilizado como un instrumento para el análisis de los aspectos epistemológicos y discursivos en el aula.

La caracterización de las zonas de perfil fue hecha a partir de datos empíricos obtenidos en el aula, narrados en estudios bibliográficos sobre las concepciones informales de los estudiantes y del estudio de la evolución histórica del concepto. Por lo menos tres dominios genéticos –sociocultural, ontogenético y microgenético– fueron estudiados, a fin de articular el análisis de los datos empíricos de la literatura y los obtenidos en el aula con la reconstrucción racional de la historia del concepto. Considerando que el desarrollo de las funciones mentales superiores en cada dominio no es provocado por un mismo factor principal, la comparación entre esos diferentes dominios no tiene por objetivo trazar paralelos entre los contenidos característicos de cada uno, sino entender de forma más amplia la génesis de los conceptos. Esta génesis permitió mostrar los conceptos dentro de un proceso dinámico de formación y contribuyó a la mejor comprensión de algunas ideas que los alumnos presentaron en el aula. En esa perspectiva podemos resaltar el importante papel que las ideas presentes en el contexto histórico representan en la proposición del perfil conceptual. Este hecho apunta la posibilidad de que el perfil conceptual puede constituirse en un instrumento facilitador para la introducción de aspectos de historia de la ciencia en la enseñanza-aprendizaje de los conceptos.

La identificación de las zonas del perfil conceptual reveló la potencialidad de esta noción como instrumento de estructuración de las ideas encontradas en el aula de enseñanza media. Además de lo anterior, la utilización del perfil contribuyó a que fuesen establecidas relaciones entre los aspectos epistemológicos y discursivos, y facilitó una visualización estructurada de la dinámica discursiva desarrollada en el aula. En el análisis del discurso producido en el aula investigada pudimos constatar que los alumnos expresaron ideas asociadas a diferentes contextos y, por consiguiente, a diferentes formas de pensar sobre la espontaneidad de los procesos fisicoquímicos. Sin embargo, fue verificado que la discusión está predominantemente orientada en la dirección de las ideas científicas, siendo privilegiada la visión del mundo o de la realidad construida en términos científicos. Ciertamente, este hecho está asociado a la propuesta de enseñar conocimientos científicos, que es inherente a la escuela. Con todo, las ideas que no son originarias del contexto de producción científica también están presentes en el contexto escolar, considerando que los alumnos intentan construir significados para los conceptos científicos a partir de sus experiencias previas o cotidianas, asociadas al contexto social o cultural en el cual están insertos. Esas ideas están más o menos presentes en el aula,

dependiendo de las estrategias de enseñanza utilizadas.

La aparición de las zonas no científicas del perfil parece estar vinculada a algunas estrategias didácticas específicas, pudiendo ocurrir en determinados contextos del aula y no presentarse en otros, aunque esas zonas sean parte del perfil individual de los alumnos. En ese sentido, la postura del profesor y la propuesta pedagógica adoptada son los factores cruciales para la articulación de las ideas en el aula. Debemos resaltar que, muchas veces, el conocimiento científico se considera como superior a otros tipos de conocimiento, desfavoreciendo la discusión sobre puntos de vista diferentes del científico. En esta perspectiva, pueden ser utilizados los perfiles conceptuales en el aula en el sentido de sugerir, de forma estructurada, discusiones relativas a otros puntos de vista sobre los conceptos, situándolos con relación a los conceptos científicos por ser enseñados. Otro punto a considerar es la aproximación de los conceptos científicos en diferentes niveles de comprensión a partir de diferentes esquemas conceptuales, lo que crea una diversidad de ideas en el propio dominio de la ciencia. La ausencia de una discusión explícita y comparativa de estas diferentes aproximaciones muchas veces impide a los alumnos percibir las transiciones entre diferentes niveles de comprensión para un concepto. En términos de las zonas de perfil conceptual, las diferentes formas de pensar pueden ser representadas por diferentes zonas de perfil y las transiciones entre esas zonas podrían caracterizar las relaciones entre los diferentes contextos en los cuales se aplica el concepto.

Finalmente, consideramos que la identificación de las zonas de perfil conceptual revela la potencialidad de esta noción no sólo como un instrumento de estructuración de las ideas encontradas en el aula de enseñanza media, sino como instrumento para el análisis de la dinámica discursiva desarrollada en el aula, a partir de la estructura de análisis de discurso utilizado. De esa forma, consideramos que la proposición del perfil conceptual contribuye a una comprensión conceptual más profunda de los conceptos de entropía y espontaneidad. ■

Referencias

- Andersson, B. Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, **70** (5), 549-563, 1986.
- Bachelard, G. *A Filosofia do Não*. Coleção Os Pensadores. Editora Abril Cultural: São Paulo. 1936/1978.
- Bakhtin, M. Discourse in the novel in *The dialogic Imagination* (cuatro ensayos editados por Michael Holquist y traducidos por Caryl Emerson y Michael Holquist). Austin: University of Texas Press. 1934/1981.
- Bakhtin, M. *Speech genres and other late essays*. Austin: University of Texas Press (edited by C. Emerson and M. Holquist, translated by V.W. McGee). 1953/1986.

- Bickford, F. R. Entropy and its role in introductory chemistry, *Journal of Chemical Education*, **59** (4), 317-318, 1982.
- Boo, H. K. Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions, *Journal of Research in Science Teaching*, **35** (5), 569-581, 1998.
- Leach, J. and Scott, P. Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning, *Studies in Science Education*, **38**, 115-142, 2002.
- Lowe, J. P. Entropy: conceptual disorder, *Journal of Chemical Education*, **65** (5), 403-406, 1988.
- Marcuschi, L.A., *Análise da Conversação*. São Paulo: Ática, 1991.
- Mehan, H. *Learning Lessons: Social organization in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979.
- Mortimer, E. F. Conceptual change or conceptual profile change?, *Science & Education*, **4** (3), 267-285, 1995.
- Mortimer, E.F. Multivoicedness and univocality in the classroom discourse: an example from theory of matter *International Journal of Science Education*, **20**(1), 67-82, 1998.
- Mortimer, E. F. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2000.
- Mortimer, E. F. Perfil Conceptual: formas de pensar y hablar en la clases de Ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, **24** (4), 475-490, 2001.
- Mortimer, E. F. e Miranda, L. C. Concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, **2**, 23-26, 1995.
- Mortimer, E.F. and Scott, P.H. Analysing discourse in the science classroom. In Leach, J., Millar, R. and Osborne, J. (eds) *Improving Science Education: the contribution of research*. Milton Keynes: Open University Press, 2000.
- Mortimer, E. F. e Scott, P. H. Atividades discursivas nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino, *Investigações em Ensino de Ciências*, **7** (3). Publicación electrónica. 2002.
<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista/revista.htm>
- Mortimer, E. F. e Scott, P.H. *Meaning making in science classrooms*. Buckingham: Open University Press, 2003.
- Putnam, H. *Pragmatism: an open question* Oxford y Cambridge: Blackwell Publishers, 1995.
- Rosa, M.I.F.P.S. e Schnetzler, R. P. Sobre a importância do conceito 'transformação química' no processo de aquisição do conhecimento científico, *Química Nova na Escola*, **8**, 31-35, 1998.
- Wertsch, J. V. *Voces de la mente*. Madrid: Visor, 1993.