

# La enseñanza de la física: las buenas prácticas en la Universidad de Buenos Aires. Vol. I

Autor:

**Eder, María Laura**

Tutor:

**Cubero Perez, Rosario**

**2016**

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título de Doctora de la Universidad de Buenos Aires de la Facultad de Filosofía y Letras en Ciencias de la Educación.

Posgrado

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
DOCTORADO EN EDUCACIÓN

## **TESIS**

**“La Enseñanza de la Física: las buenas prácticas en la Universidad de Buenos Aires”.**

**Doctoranda:** Mg. María Laura Eder

**Directora:** Dra. Rosario Cubero Pérez

**Consejera de estudios:** Dra. Hebe Roig

Marzo 2016

# La Enseñanza de la Física: las buenas prácticas en la Universidad de Buenos Aires

## INDICE

	Pá g.
<b>Agradecimientos</b>	5
<b>Resumen - Summary</b>	7
<b>INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>1. Los “orígenes”</b>	9
<b>2. De qué se trata la tesis</b>	11
<b>3. Estructura de la tesis</b>	11
<b><u>CAPÍTULO 1: Una Tesis en Didáctica universitaria de la Física</u></b>	13
<b>1.1. Introducción</b>	13
<b>1.2. La Didáctica y la enseñanza</b>	13
1.2.1. La enseñanza.	13
1.2.2. La buena enseñanza.	14
1.2.3. Las características del conocimiento didáctico.	15
1.2.3.1. <i>Una disciplina normativa.</i>	15
1.2.3.2. <i>Sobre una práctica compleja.</i>	15
1.2.3.3. <i>Un conocimiento contextualizado.</i>	16
1.2.3.4. <i>Un conocimiento deudor de otras disciplinas.</i>	16
1.2.3.5. <i>Un conocimiento mediado por los docentes.</i>	17
1.2.3.6. <i>Un conocimiento que articula teoría y práctica.</i>	17
1.2.4. Una primera síntesis.	18
<b>1.3. La Enseñanza universitaria</b>	18
1.3.1. Cuáles son los propósitos de la enseñanza universitaria.	18
1.3.2. El objeto de enseñanza.	20
1.3.2.1. <i>La organización curricular.</i>	20
1.3.2.2. <i>La construcción del conocimiento en la universidad.</i>	21
1.3.2.3. <i>La concepción académica o profesional de una carrera.</i>	22
1.3.3. Quiénes enseñan en las universidades.	23
<b>1.4. Didáctica y enseñanza de las Ciencias</b>	25
1.4.1. Su objeto de estudio.	25
1.4.2. Focos de interés en la investigación.	27
<b>1.5. Los buenos docentes y las buenas prácticas</b>	30
1.5.1. Las buenas prácticas.	30
1.5.2. Buenos docentes, apasionados, excepcionales, memorables.	31
1.5.3. Expertos y novatos.	34
<b><u>CAPÍTULO 2: La clase. Diferentes miradas del objeto</u></b>	37
<b>2.1. Introducción</b>	37
<b>2.2. Distintas perspectivas sobre la clase</b>	38
2.2.1. La clase como espacio de construcción de conocimiento y de interacción.	45
	45

2.2.2.	La clase como espacio narrativo.	46
2.2.2.1.	<i>Características de una narración.</i>	47
2.2.2.2.	<i>El valor de la narrativa.</i>	48
2.2.2.3.	<i>La clase como narrativa.</i>	48
2.2.3.	La clase como espacio para el diálogo.	50
2.2.4.1.	<i>Diálogo y aprendizaje dialógico.</i>	52
2.2.4.2.	<i>Tipos de diálogo.</i>	54
2.2.4.3.	<i>Las preguntas.</i>	55
2.2.4.4.	<i>El humor</i>	57
2.2.4.	La clase como espacio donde se construye con metáforas y analogías.	58 60
2.2.5.	La clase como espacio para enseñar y aprender ciencia.	61
2.2.5.1.	<i>Qué ciencia.</i>	62
2.2.5.2.	<i>Qué concepción de ciencia.</i>	63
2.2.5.3.	<i>Qué concepción de método científico.</i>	65
2.2.5.4.	<i>La historia de la ciencia.</i>	67
2.2.5.5.	<i>Los modelos en la ciencia y la enseñanza.</i>	68
2.2.6.	La clase como espacio para hablar ciencia.	71
2.2.7.	La clase como espacio para explicar ciencia.	77
2.2.7.1.	<i>Explicar desde su uso cotidiano.</i>	79
2.2.7.2.	<i>La explicación en la enseñanza.</i>	81
2.2.7.3.	<i>Lo cotidiano, lo científico, lo didáctico.</i>	
2.2.8.	La clase como espacio para legitimar el conocimiento.	
<b>2.3.</b>	<b>Síntesis del capítulo: las categorías teóricas que permiten abordar el objeto de esta tesis.</b>	83 83 84
<b><u>CAPÍTULO 3: Objetivos, diseño y desarrollo de la investigación</u></b>		85
<b>3.1.</b>	<b>Objetivos de la investigación</b>	85
<b>3.2.</b>	<b>Perspectiva teórico-metodológica</b>	87
<b>3.3.</b>	<b>Método</b>	88
3.3.1.	Participantes.	89
3.3.2.	Instrumentos.	
3.3.3.	Procedimiento.	91
<b>3.4.</b>	<b>Análisis de los datos</b>	91 91
<b><u>CAPÍTULO 4: Resultados del Análisis de las clases</u></b>		93
<b>4.1.</b>	<b>Las categorías construidas</b>	95
4.1.1.	Recursos para comprometer a los alumnos en la clase.	95
4.1.2.	Recursos para presentar la ciencia.	96
<b>4.2.</b>	<b>Caso 1</b>	96
4.2.1.	Descripción de la clase.	11
4.2.2.	Análisis de la clase.	1
4.2.2.1.	<i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	11 9
4.2.2.2.	<i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	11
<b>4.3.</b>	<b>Caso 2</b>	9
4.3.1.	Descripción de la clase.	11
4.3.2.	Análisis de la clase.	9
4.3.2.1.	<i>Recursos para comprometer a los alumnos en el</i>	11

<i>proceso de la clase.</i>	9
4.3.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	12
<b>4.4. Caso 3</b>	5
4.4.1. Descripción de la clase.	13
4.4.2. Análisis de la clase.	2
4.4.2.1. <i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	13
4.4.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	13
<b>4.5. Caso 4</b>	3
4.5.1. Descripción de la clase.	13
4.5.2. Análisis de la clase.	3
4.5.2.1. <i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	14
4.5.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	15
<b>4.6. Caso 5</b>	3
4.6.1. Descripción de la clase.	15
4.6.2. Análisis de la clase.	3
4.6.2.1. <i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	15
4.6.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	15
<b>4.7. Caso 6</b>	4
4.7.1. Descripción de la clase.	16
4.7.2. Análisis de la clase.	4
4.7.2.1. <i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	17
4.7.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	17
<b>4.8. Caso 7</b>	2
4.8.1. Descripción de la clase.	17
4.8.2. Análisis de la clase.	3
4.8.2.1. <i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	17
4.8.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	18
<b>4.9. Caso 8</b>	0
4.9.1. Descripción de la clase.	18
4.9.2. Análisis de la clase.	6
4.9.2.1. <i>Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.</i>	18
4.9.2.2. <i>Recursos para presentar a la ciencia.</i>	18
<b>CAPÍTULO 5: Discusión y Conclusiones. Cómo enseñan los buenos docentes de Física en la universidad</b>	18
<b>5.1. Presentación del capítulo</b>	19
<b>5.2. Los objetivos planteados</b>	7
5.2.1. Primer objetivo: Describir las buenas prácticas de la enseñanza, tal como son llevadas a cabo por los buenos docentes.	1
5.2.1.1. <i>Los sujetos del proceso.</i>	20
5.2.1.2. <i>El lenguaje.</i>	3
5.2.1.3. <i>La enseñanza como género discursivo.</i>	20
	4

5.2.1.4. <i>Concepción epistemológica de los docentes.</i>	20
5.2.2. Segundo objetivo: Analizar los discursos y las prácticas pedagógicas en la enseñanza universitaria de la Física, procurando identificar recurrencias que permitan avanzar en nuevas conceptualizaciones.	4 21 7 22
5.2.3. Tercer objetivo: Construir nuevas categorías teóricas que permitan interpretar y caracterizar las buenas prácticas de la enseñanza de la Física en la universidad.	3 22 3
<b>5.3. Reflexiones finales</b>	22 4
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	22 4 22 9
	23 9 23 9 23 9
	23 9 24 1 24 3 24 6 25 8
	26 5
	26 7 27 1
	27 7
<b>Anexos</b>	285

ANEXO A: <i>Encuesta para alumnos o egresados: explicación y buenos docentes</i>	286
ANEXO B: <i>Modelo de Encuesta utilizada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (EADIS)</i>	288
ANEXO C: <i>Modelo de Hoja de Registro Observacional</i>	292
ANEXO D: <i>Esquema de la entrevista a los docentes</i>	293
ANEXO E: <i>Sistema de notación</i>	en
ANEXO F: <i>Registro de clases</i>	CD

## Índice de Tablas

Tabla 1: <i>Líneas prioritarias de investigación</i>	28
Tabla 2: <i>Recursos diafónicos</i>	44
Tabla 3: <i>Los cuatro tipos de diálogo</i>	51
Tabla 4: <i>Tipologías de preguntas</i>	53
Tabla 5: <i>El uso del humor en la enseñanza universitaria</i>	54
Tabla 6: <i>Visiones de los docentes acerca de la ciencia</i>	60
Tabla 7: <i>Normas estilísticas del lenguaje científico</i>	66
Tabla 8: <i>Codificación de los casos</i>	89
Tabla 9: <i>Recursos utilizados por los docentes</i>	91
Tabla 10: <i>Preguntas que responden los distintos modelos científicos</i>	24
Tabla 11: <i>Recursos para comprometer a los alumnos en la clase</i>	9
Tabla 12: <i>Tipos de preguntas presentes en las clases</i>	26
Tabla 13: <i>Recursos para presentar la ciencia</i>	5
	26
	5
	26
	7

## **AGRADECIMIENTOS**

¡Qué buena práctica agradecer! Y que de esta forma comiencen las tesis. Agradecer supone mirar atrás y revisar procesos, tiempos, personas, lugares... Y reconocer en cada cosa lo que nos permitió concretar un proyecto.

Para empezar debo mencionar, sin dudas, a Edith y a Rosario. Edith Litwin fue mi maestra y quien acompañó la primera etapa de esta tesis. Inspiró gran parte de las categorías que luego el análisis de la empiria permitió confirmar. Su intuición, su capacidad para construir miradas, preguntas y para ayudar a otros a hacerlo, es un regalo que conservaré siempre.

Rosario Cubero Pérez asumió la dirección de mi tesis tiempo después del fallecimiento de Edith. Su generosidad, aún antes de asumir la dirección, se ha mostrado de diferentes formas: desde compartir su conocimiento, su despacho... con su alegría, su energía, su capacidad de trabajo (aun en tiempos difíciles), sus críticas precisas y constructivas, sus correcciones exhaustivas, generosas, que destacan no sólo errores sino también aciertos. Gracias Rosario, aprendí mucho y espero seguir haciéndolo.

Hebe Roig, mi consejera de estudios fue fundamental en este camino, especialmente cuando perdí a mi directora, me ayudó a ordenarme y me animó a seguir a pesar de las dificultades.

Esta tesis surgió hace muchos años a partir de mi trabajo en el CEFIEC de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. El desafío de formar docentes de estas ciencias, me comprometió en el proceso de entenderlas un poco más y de conocer las maneras de enseñar de los buenos docentes universitarios en estas disciplinas. Agradezco el tiempo y la experiencia compartida durante más de 15 años con mis alumnos y colegas del CEFIEC.

El desarrollo de la tesis supuso también la cursada de materias de Matemática y Física. Y merecen un agradecimiento quienes fueron mis compañeros. La experiencia de aprendizaje colaborativo, de experimentarlos muchas veces mediadores para favorecer la comprensión, es parte de la riqueza inesperada del proceso vivido.

Cabe un agradecimiento para el Instituto Universitario de Hospital Italiano, que me acompañó de diversas maneras para que pudiera concretar la tesis.

La familia y los amigos, que supieron acompañar con cariño, paciencia, insistencia los tiempos dedicados a la escritura, al trabajo de campo, tiempos robados al compartir. Marita y Alberto merecen un agradecimiento especial porque me acogieron en sus casas y me dieron el “espacio” necesario poder escribir.

Y por último, los docentes que abrieron las puertas de sus aulas para poder comprender y construir. Ellos y todos los que se comprometen con el proceso de

aprendizaje de sus alumnos, dan sentido a esta tesis y a todo lo que ella nos ha permitido repensar para la formación de los docentes universitarios.

## RESUMEN

El trabajo de investigación que dio lugar a esta tesis, tuvo como objeto las prácticas de enseñanza de la Física en la universidad de quienes son considerados buenos docentes. Las clases analizadas fueron *clases teóricas* (clases expositivas a cargo de los profesores titulares y adjuntos), en las que fue posible reconocer la complejidad de las prácticas. En ellas se ponen en juego una serie de recursos discursivos, retóricos, dialógicos, narrativos, que permiten comprometer a los estudiantes con la construcción del conocimiento en la clase y presentar la ciencia como producto de una comunidad y siempre en construcción.

Uno de los recursos más utilizados es la pregunta. En sus distintas variantes, la pregunta aparece, ya sea para dar lugar a un diálogo o para dar continuidad al discurso docente. Favorece la construcción de conocimiento, y genera la necesidad de buscar una respuesta posible, más allá de que ésta sea explícitamente requerida por el docente o por los alumnos.

El uso particular de los pronombres y del lenguaje coloquial se encuentra en más de la mitad de las clases. La utilización constante de la primera y segunda persona del plural, da cuenta de un modo particular de hacer parte del proceso de la clase a los estudiantes. El *lenguaje coloquial* permite generar un acercamiento de los alumnos al conocimiento a partir de términos que son de uso cotidiano.

El uso del humor y la ironía, de los desafíos y las provocaciones, así como la presentación que se hace de los científicos en el discurso (como personas de carne y hueso, que trabajan en colaboración), posibilitan la construcción de formas distintas de interacción en las clases. Las dos primeras, porque encuentran una respuesta por parte de los estudiantes, ya sea generando un clima agradable y relajado, o haciéndolos pensar en posibles soluciones o ejemplos para la propuesta y promoviendo que quienes estaban *fuera* de la clase, se interesen en su desarrollo. Respecto del tercer recurso, no se espera una respuesta en términos de acción, sino en generar un *sentimiento* de cercanía respecto de aquellos que han generado el conocimiento que están aprendiendo.

Para presentar la ciencia, por una parte, los docentes explicitan supuestos y convenciones. Este recurso da cuenta del valor que tiene *poner sobre la mesa* aquello que sustenta o da sentido a ciertas prácticas o conocimientos. Esto facilita dos procesos: la comprensión que posibilita el aprendizaje y el reconocimiento de aspectos vinculados al conocimiento científico que van más allá de su nivel conceptual o de la estructura sintáctica de la ciencia.

En estas clases también, se legitima el conocimiento utilizando diferentes fuentes de validación y se encuentran modelizaciones y analogías. *Habla ciencia* principalmente el docente y lo hace, en casi todas las oportunidades, planteando explicaciones narrativas.

Las presencias, los énfasis, los sentidos de esos elementos, dan lugar a distintos modos de enseñar Física en la universidad. Así como hay algo en una trama que la hace distinta de otras, ya sea por una combinación o configuración especial o por una presencia que tiñe el resto de los componentes y que permite reconocerla como particular, así también en las clases analizadas hay algo que nos permite darles un nombre propio. Estos son:

1. La clase que convoca a los estudiantes desde el diálogo para construir conocimiento. El diálogo es estructurante de la clase.
2. La clase que convoca al investigador. Está atravesada por la figura, la tarea, la perspectiva del investigador.
3. La clase que convoca a la ciencia
  - desde la narrativa y posibilita la presentación de la ciencia que se caracteriza dando cuenta de sus supuestos
  - y da lugar al diálogo a partir de la intervención de los alumnos y posibilita que reconozcan y construyan una nueva mirada
  - desde lenguajes y modelos que permiten mostrar las diferencias en la ciencia.

El nombre deviene de aquello que cada docente convoca a la clase, de manera central: al alumno, al investigador, a la ciencia. En segundo lugar, en algunos casos, del recurso que centralmente se pone en juego y tiñe la clase dándole especificidad a la trama.

Estas buenas prácticas son las que surgen del análisis de las clases observadas y permiten pensar nuevas perspectivas para la comprensión de la enseñanza universitaria de la Física.

## SUMMARY

The research that served as the basis for this thesis was the observation of teaching practices in university-level physics classes given by instructors whom students value. *Lectures* by full professors and adjunct faculty were analyzed to provide an understanding of complex teaching practices. A series of discursive, rhetorical, dialogue and narrative resources were identified that involve students in building class knowledge while presenting science as a community product under permanent construction.

One of the most commonly used resources is the question. In its many versions, the question appears to either initiate a dialogue or continue the instructor's discourse. It favors the construction of knowledge and creates the need to find an answer to the question, regardless of whether the instructor or the students are actually asking for one.

A particular use of pronouns and colloquial language was found in more than half of the classes. The constant use of the first and second person plural reveals a particular way of making students part of the class process. *Colloquial language* helps bring students close to knowledge through everyday words.

The use of humor and irony, challenges and attention grabbers, along with the way scientists are depicted in the discourse (as real people who collaborate with one another) enable different forms of interaction in classes. Humor, irony, challenges and attention grabbers work because they elicit a response from students, creating a pleasant and relaxed atmosphere while encouraging students to think of possible solutions or examples of the topic of discussion and helping those who are *elsewhere* to become interested. When it comes to the third resource, the depiction of scientists, no response is expected in terms of any action the student is supposed to take; instead, this resource creates a *feeling* of closeness with regards to those who have generated the knowledge that students are learning.

To present science, on the one hand, instructors explain hypotheses and conventions. This resource reveals the value of bringing into play that which supports or gives meaning to certain practices or skills. This facilitates two processes: the understanding that makes learning possible and the acknowledgment of aspects associated with scientific knowledge that go beyond the conceptual level or the syntactic structure of science.

In these classes, knowledge gains legitimacy through different sources of validation including modeling and analogies. The instructor is the one who mainly *talks science* and does so, in almost all cases, through narrative explanations.

The presence, emphasis and meanings of these elements lead to different ways of teaching physics at the university level. Their combination or configuration—or the presence of an element that affects the other components and thus makes it unique—is what distinguishes one class from another. While analyzing the classes, we identified certain traits that allowed us to group classes into three types. These are:

4. A class structured around dialogue in which students are called upon to construct knowledge.
5. The class that calls upon the researcher, utilizing figures, student work and the researcher's perspective.
6. The class that calls upon science:
  - Using narrative in order to present science through its hypotheses
  - And stimulates dialogue through student interventions, allowing them to recognize and construct a new point of view

- Through languages and models that reveal differences in science.

The names refer to what the instructor summons in each class type: the student, the researcher or science itself. Secondly, in some cases it refers to the main resource that is utilized and gives form to the class.

These good practices were identified during the analysis of the classes observed and form the basis for novel perspectives for understanding the teaching of physics at the university level.

## **INTRODUCCIÓN**

### **1. Los “orígenes”**

El proyecto que dio origen a este Tesis se denominó: "**La enseñanza de la Física: las buenas prácticas en la UBA**". Se planteó como una investigación en Didáctica que intenta conjugar los aportes de la Didáctica de las Ciencias, la Psicología y la Lingüística, en el marco de las prácticas de la enseñanza que se desarrollan en la Universidad de Buenos Aires. Nació del interés por reconocer aquellas propuestas didácticas que se preocupan por favorecer el aprendizaje de un área de conocimiento, desde la perspectiva de la buena enseñanza.

La investigación comenzó a desarrollarse en el marco del Programa “Una nueva agenda para la Didáctica”, del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación, dirigido por la Dra. Edith Litwin; y tiene como referencia las conclusiones finales de las investigaciones "Configuraciones didácticas para la enseñanza de las Ciencias Sociales en la Universidad"<sup>1</sup>, "Una nueva agenda para la Didáctica"<sup>2</sup> y "La clase inaugural y la clase ilustrada: nuevas perspectivas para el análisis de las configuraciones didácticas del aula universitaria"<sup>3</sup>, todo ellas dirigidas por la Dra. Edith Litwin.

Las mencionadas investigaciones centraron su preocupación en la revisión crítica de las dimensiones de análisis de la Didáctica consolidadas en la década del 70: objetivos, contenidos, actividades, evaluación (Litwin, 1996); y trabajaron en la búsqueda de nuevas dimensiones, inicialmente a partir de la idea de "configuración", entendida como la construcción que surge del análisis de las prácticas de la enseñanza. En palabras de Edith Litwin, la configuración didáctica es

“...la forma peculiar que asume la enseñanza de determinados contenidos en un especial entramado de distintas dimensiones que permite su identificación. Esto implica que podemos o no reconocer, en el particular entramado, tipos de preguntas, determinados procesos reflexivos por parte de los docentes o los alumnos y utilización de prácticas metacognitivas que los explicitan, rupturas con los saberes cotidianos, recurrencias al oficio o profesión del campo disciplinar de

---

<sup>1</sup> Subsidio UBACYT 1991-1994.

<sup>2</sup> Subsidio UBACYT 1994-1997.

<sup>3</sup> Subsidio UBACYT 2004-2007.

que trata, movimientos en la red conceptual de la estructura de la disciplina, referencias a un nivel epistemológico, utilización de la ironía o juego dialéctico en las exposiciones de determinados segmentos de la clase que busque especialmente generar contradicciones, etc. Estas y otras dimensiones de análisis han podido ser transparentadas y, al reconocerse en un entramado en el que, consideramos, no es pertinente desmembrar, dieron cuenta de la configuración didáctica”.<sup>4</sup>

La idea de configuración en tanto proceso (Buenfil Burgos, 1995), cuya lógica de formación da un sentido particular a las prácticas de la enseñanza, nos ha permitido reconocer elementos que se ponen en juego y se articulan de manera diferenciada en distintas clases universitarias de la Licenciatura en Ciencias Físicas.

La mirada estuvo centrada en la enseñanza de esta disciplina, para conocer con mayor profundidad el modo particular que asume en un ámbito específico como es la universidad. La búsqueda por desentrañar las lógicas “pensadas” y “actuadas” por los buenos docentes, ha constituido el eje del trabajo realizado. La tarea ha sido reconstruir la “narrativa”, o mejor dicho, construir una narrativa (Bruner, 1997, 2003; Egan, 2000) para entender el *cómo* de la enseñanza universitaria.

Pensar las clases como “*variaciones narrativas*” (Litwin, 2008) y no desde las estructuras de las disciplinas que se enseñan en ellas, ha permitido avanzar en el reconocimiento de otras dimensiones y recursos puestos en juego en los procesos de enseñar. Estas variaciones, desde la perspectiva de Edith Litwin se refieren al “*acto de creación que implica elegir las mejores articulaciones entre el contenido y la enseñanza dotando de fuerza explicativa al relato del docente.*” (p. 80).

Es por ello que el trabajo de investigación se ha centrado en la observación y análisis del discurso del docente en las clases, tratando de dar respuesta a las preguntas que inicialmente nos formulamos. Algunas de ellas se han respondido, otras han perdido sentido y, como sucede al investigar, han aparecido otras nuevas, entre las cuales aún muchas carecen de respuesta.

---

<sup>4</sup> Informe final de: "Configuraciones didácticas para la enseñanza de las Ciencias Sociales en la Universidad". Subsidio UBACyT 1991-1994. Directora: Edith Litwin. Pág. 5.

Creemos que los objetivos planteados<sup>5</sup> se han cumplido, dando lugar a la construcción de nuevas categorías para la comprensión de las prácticas de la enseñanza de la física en la universidad.

## **2. De qué se trata la tesis**

Sabemos de muchas buenas prácticas que se desarrollan sin haber reflexionado acerca de ellas, sin que sus “protagonistas” hayan teorizado sobre ellas, sin que haya sido necesario fundamentarlas desde algún modelo teórico antes o después de realizadas. Sin embargo, son buenas tanto en sentido ético como epistemológico y los alumnos que tienen oportunidad de participar en ellas, las valoran y califican positivamente.

En este proceso de construcción de conocimiento didáctico, nos interesa analizar estas prácticas, sabiendo que, gran parte del conocimiento que ponemos en juego en nuestro enseñar a enseñar, es un “saber hacer”, un saber práctico que se “tiene en la punta de los dedos”, una forma de conocimiento *“que -no se dice- sino que se actúa, un conocimiento -incorporado- en la acción (Johnson, 1989) o -conocimiento en la acción- (Schön, 1992). Este tipo de conocimiento no es inmediatamente accesible y requiere procesos de distanciamiento, objetivación y reflexión sobre la práctica.”* (Feldman, 1999, p. 75).

¿Qué es lo que caracteriza una buena práctica? ¿Podemos reconocer semejanzas en las propuestas de diferentes docentes de Física en la universidad?

Estas son algunas de las preguntas que intentó responder el proyecto de investigación que dio origen a esta tesis.

## **3. Estructura de la tesis**

---

<sup>5</sup> El proyecto de investigación se planteaba como objetivos generales:

- Describir las buenas prácticas de la enseñanza, tal como son previstas, llevadas a cabo y evaluadas por los docentes, intentando comprender y explicar desde el punto de vista del análisis crítico, las decisiones tomadas y el impacto en las formas de construcción del conocimiento.
- Analizar los discursos y las prácticas pedagógicas en la enseñanza universitaria, procurando identificar recurrencias y persistencias que permitan avanzar en nuevas conceptualizaciones.
- Generar nuevas dimensiones de análisis que permitan comprender y reconstruir las prácticas de la enseñanza. Se intentaba de ese modo, profundizar el propósito general que dio apertura al programa "Una nueva agenda para la Didáctica", generando nuevas miradas para el campo.

La tesis está organizada en los cinco capítulos que se presentan a continuación:

- Capítulo 1: *Una Tesis en Didáctica universitaria de la Física*. En este capítulo se presenta el área de investigación y el *recorte* del objeto de estudio que se aborda.
- Capítulo 2: *La clase. Diferentes miradas del objeto*. En el segundo capítulo se presenta el marco teórico desde el que pensamos el objeto de análisis de esta tesis y los antecedentes del problema de investigación.
- Capítulo 3: *Objetivos, diseño y desarrollo de la investigación*. En este capítulo se plantean los objetivos de la investigación, la perspectiva teórico-metodológica desde la que se llevó adelante el proceso, la descripción de los participantes, los instrumentos de recolección de información utilizados y el procedimiento desarrollado. Finalmente, el modo en que se llevó adelante el análisis.
- Capítulo 4: *Resultados del Análisis de las clases*. Este capítulo, el más extenso de todos, es el que presenta el análisis de los 8 casos seleccionados. A partir del sistema de categorías construido, se desarrolla el estudio de las clases observadas.
- Capítulo 5: *Discusión y Conclusiones. Cómo enseñan los buenos docentes de Física en la universidad*. Se presentan, en último lugar, las conclusiones que surgen del análisis, los alcances y limitaciones de la investigación realizada, y posibles líneas de trabajo que surgen de la misma.

La tesis presenta, en síntesis, las construcciones que ha permitido elaborar el análisis de 8 clases universitarias de Física, en la preocupación por comprender mejor lo que hacen, para enseñar, aquellos que son considerados buenos docentes.

# **CAPÍTULO 1: Una Tesis en Didáctica universitaria de la Física**

## **1.1. Introducción**

Se presentan en este capítulo algunos aspectos centrales que delimitan el objeto de estudio de esta tesis. En primer lugar, se caracteriza la disciplina desde la que se abordan las prácticas de la enseñanza, definiendo el objeto de estudio de la Didáctica y las especificidades que asume cuando se plantea desde una perspectiva particular que es la de la buena enseñanza. Se señalan también algunas características propias del conocimiento didáctico.

En segundo lugar, se plantea la especificidad de la enseñanza universitaria en lo que se refiere a sus finalidades, objetos y protagonistas, dando cuenta de la necesidad de tomar en consideración estos aspectos para la construcción del conocimiento en el campo.

En tercer lugar, se incorpora la mirada de la Didáctica y de la enseñanza de las Ciencias Naturales, a partir de la definición de su objeto de estudio y de las líneas de investigación existentes.

Por último, se plantea la perspectiva de los buenos docentes y las buenas prácticas que dan lugar a esta tesis, recuperando diferentes visiones, complementarias, acerca de los docentes y de las prácticas que llevan adelante.

## **1.2. La Didáctica y la enseñanza**

¿Cuál es el objeto de estudio de la Didáctica? Si bien podemos encontrar diferentes definiciones al respecto, hoy en día no caben dudas de que la Didáctica se ocupa de la enseñanza. Teniendo en cuenta esta primera afirmación es importante desarrollar algunos aspectos que permitan comprender su alcance.

Nos referiremos a continuación al proceso de enseñanza, a una perspectiva específica para considerarlo y a algunas características propias del conocimiento didáctico que definen su objeto de estudio y el modo de abordarlo.

### **1.2.1. La enseñanza.**

La enseñanza es el proceso de mediación que lleva adelante el docente entre los estudiantes y determinados saberes. Más allá de la asimetría que supone, es un proceso que se hace *hacia* otros y *con* otros e involucra por tanto, un encuentro humano. Puede definirse también como la elaboración de estrategias para posibilitar el acceso a las finalidades educativas desde las condiciones reales de partida de los alumnos (Contreras Domingo, 1990, p. 46).

Implica la puesta en práctica de una serie de actividades (realizadas por docente y alumnos, con diferentes niveles de participación) que se llevan a cabo en momentos y escenarios diferentes. Implica e incluye, además, procesos menos visibles, vinculados a las previsiones, decisiones y anticipaciones (posibilidad de construir representaciones acerca de la actividad) que se ponen en juego cuando el docente se plantea mediar entre un saber y sus estudiantes, para promover la construcción del conocimiento por parte de estos últimos (Camilloni, 2007, p. 153).

Enseñar, entonces, es un proceso que se inicia antes de la clase, en las decisiones, en las previsiones y también en los supuestos que se ponen en juego para pensar qué y cómo enseñar. Esto supone centrar la mirada en la actividad del docente que tiene una condición bifronte: está de cara al alumno, pero también ocupa una particular posición en relación con el saber.

### **1.2.2. La Buena enseñanza.**

Esta tesis se enmarca además, en la perspectiva de la buena enseñanza, lo que supone preguntarse por su sentido ético y epistemológico.

El primero equivale a preguntar qué acciones docentes pueden justificarse basándose en principios morales y son capaces de provocar en los estudiantes acciones de principio. (Fenstermacher, 1989, p. 158). El sentido ético de la enseñanza puede plantearse, además, en términos individuales o sociales, recuperando su valor con relación a los sujetos que se involucran en los procesos pedagógicos, en un contexto social e histórico determinado. Por tanto, no se trata de una práctica en la que, lo que es bueno para el hombre en un tiempo particular o lo que es bueno desde la perspectiva del conocimiento, lo sea para todos los tiempos y contextos (Litwin, 1997, p. 93).

El segundo sentido al que se refiere la buena enseñanza es el sentido epistemológico, que se relaciona con la pregunta por el contenido y las finalidades. Es la pregunta por aquello que se enseña, si es moralmente justificable, digno de que el alumno lo conozca. (Fenstermacher, 1989, p. 158). Las respuestas a esta pregunta no serán únicas. Como analizaremos más adelante, cada institución educativa (particularmente la universidad) debe plantearse esta pregunta, periódicamente, y no puede responderla por sí sola, sin incluir a quienes construyen el saber y a quienes se benefician de su uso (estudiantes y sociedad toda).

### **1.2.3. Las características del conocimiento didáctico.**

Se hace necesario, en razón de la historia de construcción del conocimiento didáctico, puntualizar algunas características que hoy lo definen.

#### **1.2.3.1. *Una disciplina normativa.***

Décadas atrás, la Didáctica se entendía como una disciplina prescriptiva, ocupada de la metodología de enseñanza. Indicaba la mejor manera de enseñar cualquier disciplina a cualquier tipo de estudiantes y se basaba principalmente en los desarrollos de la psicología del aprendizaje, inicialmente conductista y luego cognitiva (entendida como la psicología educativa sustentada en el procesamiento de la información), de la que se derivaban principios para la enseñanza (Camilloni y otros, 1996).

Los desarrollos posteriores dieron paso a una Didáctica que estudia las prácticas de la enseñanza y que tiene como tarea describirlas, explicarlas y proponer normas para la resolución de los problemas que estas prácticas plantean a los docentes (Camilloni, 2007, p. 22).

Este cambio en la perspectiva de abordaje de la Didáctica, trajo aparejados algunos nuevos problemas que se conjugan con aspectos constitutivos de su objeto. Dejar la mirada prescriptiva por una visión interpretativa y, al mismo tiempo, transformar el conocimiento construido en herramienta para comprender las prácticas y ayudar a mejorarlas, es uno de los desafíos que se plantea esta disciplina. Y esta forma de entender su objeto y finalidades debe tomar en consideración ciertos aspectos relevantes, que se describen en los siguientes apartados.

### **1.2.3.2. Sobre una práctica compleja.**

Por un lado, el reconocimiento de la enseñanza como una práctica social y humana, en contexto, trae aparejado el reconocimiento de la complejidad, la incertidumbre y la imprevisibilidad que esto supone. La búsqueda de la eficacia de la didáctica debe reconocer los límites que tienen las previsiones que puede realizar. La construcción de dispositivos, fundamentados teóricamente, que favorezcan la construcción del conocimiento por parte de los alumnos, no puede olvidar que hay un margen de incertidumbre. Estamos de acuerdo con el planteamiento de Philippe Meirieu sobre la necesidad de asociar la *obstinación didáctica* con la *tolerancia pedagógica*, es decir, poner en práctica las orientaciones didácticas aceptando que la persona del otro (alumno, en singular o plural), no se reduce a lo que se ha podido programar (Meirieu, 2001, pp. 98-99) y que además, los sujetos en interacción sean pares o no, son capaces de generar productos inesperados que van más allá de las previsiones docentes.

### **1.2.3.3. Un conocimiento contextualizado.**

Por otra parte, las orientaciones que construye la Didáctica requieren ser contextualizadas para comprender e interpretar su valor y sentido. Es un desafío aun, en gran parte de las investigaciones en Didáctica, reconocer de qué manera operan los aspectos históricos, políticos y sociales en las prácticas de enseñanza. No se trata sólo de mencionarlos, sino de poder describir y explicar el modo en que intervienen en las prácticas concretas.

Cuando se plantea a la enseñanza como el conjunto de actividades que se proponen el logro de las finalidades educativas, se está asumiendo una posición. Ésta supone el reconocimiento del vínculo que existe entre las actividades y las opciones valorativas que se han tomado. Y, por tanto, no es posible pensar la dimensión normativa, como tampoco la dimensión explicativa, desde una perspectiva aséptica y ahistórica. La exigencia al conocimiento didáctico no se limita a que sus orientaciones posibiliten el logro de "fines" (entendidos como "estados finales"), sino a que se adecúen y guarden coherencia con una propuesta educativa concreta, a la que han ayudado a definir a partir de las preguntas que guían su construcción: qué, por qué, para qué, a quiénes y cómo enseñar en este contexto (Contreras Domingo, 1990, p. 21).

Se trata entonces, de una disciplina cuyo objeto no es sólo una práctica, es además el sentido y el valor que esa práctica tiene en el proceso mismo de su desarrollo.

#### **1.2.3.4. *Un conocimiento deudor de otras disciplinas.***

En cuarto lugar, las orientaciones que desarrolla la Didáctica son fruto de los aportes que hacen otras disciplinas al proceso de análisis de la enseñanza y que la propia Didáctica recupera, articula y transforma para generar un nuevo conocimiento.

Inicialmente, los aportes provenían de forma casi exclusiva de la psicología del aprendizaje. En la actualidad, el reconocimiento de la complejidad de las prácticas requiere del uso de constructos elaborados en otras disciplinas para enriquecer el abordaje del objeto a investigar. En nuestro caso, a la hora de analizar las clases universitarias, la psicología educativa en su sentido más amplio, la epistemología, la pedagogía y el análisis del discurso, han aportado conceptos fundamentales, que serán desarrollados en el siguiente capítulo.

El proceso de construcción de este objeto, que se reconoce complejo y que recupera elementos de diversas disciplinas, debe hallarse bajo una continua vigilancia no sólo ética y política, sino también epistemológica. Aún cuando consideremos un solo aspecto de las prácticas de la enseñanza para avanzar en su comprensión profunda, se hace necesaria una mirada global que las recupere, al mismo tiempo, como objeto completo y complejo.

No puede olvidarse el carácter normativo de esta disciplina que, si bien va en busca de una mayor rigurosidad científica que le permita una mejor comprensión de la realidad, intenta al mismo tiempo, transformarla y, por tanto, es imprescindible que estén presentes en el proceso de investigación todos los aspectos mencionados.

#### **1.2.3.5. *Un conocimiento mediado por los docentes.***

Es bien sabido hoy en día, en razón de los múltiples trabajos sobre concepciones erróneas, nociones alternativas, teorías implícitas e ideas previas, que los docentes disponen de un importante acervo de conocimientos, creencias

y teorías personales a través de las cuales interpretan y atribuyen sentido a las situaciones cotidianas, entre ellas, a las prácticas de enseñanza.

La enseñanza puede ser entendida y *practicada* por el docente, desde una didáctica del sentido común, seudoerudita y, en la minoría de los casos, desde una didáctica científica o erudita (Camilloni, 2007). Entre los saberes pedagógicos que el docente construye (Tardiff, 2004), no siempre los saberes didácticos están articulados con el resto, ni son fruto de una construcción sistemática y reflexiva. Los docentes los estructuran de una manera particular y realizan un recorte disciplinario personal, fruto de sus historias, perspectivas y también limitaciones. Existe sobrada evidencia de que es posible enseñar sin saber Didáctica (Contreras, 1990, pp. 17-18) y este es el caso de la mayor parte de los docentes universitarios.

Como muestran numerosas investigaciones (Cubero, 2005), no es sencillo modificar los propios esquemas, lo que complejiza aun más las posibilidades de que el tipo de conocimiento que genera hoy la Didáctica, impacte sobre la realidad. Esta disciplina teórica acerca de las prácticas, debe afrontar la paradoja de tratar de comprender esas prácticas y al mismo tiempo reconocerse limitada para modificarlas.

#### **1.2.3.6. Un conocimiento que articula teoría y práctica.**

Otra problemática central se vincula con las relaciones entre la teoría y la práctica, entre el conocimiento y la acción. No son éstas, relaciones causales ni directas (Carr, 1990; Perrenoud, 2004; Schön, 1992). No se derivan las prácticas de los conocimientos teóricos, afirmación que puede parecer obvia en la actualidad, pero que sin embargo es una de las preocupaciones centrales de quienes trabajan en formación de profesionales en general y, en particular, de docentes. Cómo enseñar para que los conceptos teóricos se conviertan en herramientas para pensar y actuar.

No se trata en este caso de la distancia que puede existir entre el saber didáctico y las concepciones personales de los docentes acerca de la enseñanza, el aprendizaje y el conocimiento, sino de una característica propia del conocimiento científico que requiere de mediaciones para poder convertirse en un objeto *con el* que pensar y no sólo *sobre el* que pensar (Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy, 1998).

#### **1.2.4. Una primera síntesis.**

Podemos realizar aquí una primera síntesis sobre el objeto de estudio de la didáctica: la enseñanza en su contexto, las actividades, los supuestos y previsiones que las anticipan. Una disciplina preocupada por las finalidades y no sólo por el resultado. Es un tipo de conocimiento que se propone no sólo interpretar sino también transformar la realidad, reconociendo las mutuas implicancias entre la práctica y los factores políticos, ideológicos e institucionales. Un conocimiento que se reconoce deudor de otras disciplinas y que intenta recuperar el contexto socio-histórico para no perder de vista su sentido.

### **1.3. La enseñanza universitaria**

Frente a las viejas concepciones que planteaban las didácticas por nivel, poniendo el énfasis en los aspectos evolutivos propios de los alumnos, se desarrolla hoy una didáctica universitaria que reconoce la especificidad de su objeto desde, al menos, tres aspectos diferentes:

- Las finalidades propias del nivel.
- El objeto de enseñanza.
- Los protagonistas del proceso.

#### **1.3.1. Cuáles son los propósitos de la enseñanza universitaria.**

Hablar de la enseñanza en la universidad nos remite a una serie de posibilidades, vinculadas no sólo a qué concepción de universidad se sostiene, sino a la multiplicidad de objetivos que se propone. Más allá del énfasis que cada institución universitaria ponga en sus grandes finalidades (investigación, enseñanza y extensión/transferencia), cada una de ellas se percibe y se desarrolla desde concepciones diferentes, que exceden a las disciplinas o profesiones de que se trate. Poner el peso en cualquiera de las funciones tiene impacto en la enseñanza. Si la universidad prioriza la investigación, por ejemplo, esto repercute en la enseñanza ya sea porque su cuerpo de investigadores se despreocupa de la enseñanza o por el contrario, procura a través de ella formar

más investigadores y sumarlos a sus equipos o porque *comparte* los resultados de su trabajo en las clases.

Por otra parte, no caben dudas de que formar a los alumnos en la Facultad de Ciencias Económicas y en la Facultad de Ciencias Exactas es diferente. Se podría decir, en sentido amplio, que la primera está orientada básicamente a la formación de profesionales y la segunda, a la formación de científicos. Sin embargo, y a pesar de esta primera definición, distintas universidades (y aún dentro de ellas mismas) pueden manejar concepciones diferentes acerca de lo que es una profesión, de qué es un profesional, de lo que es una ciencia y de qué es un científico.

Estas perspectivas están atravesadas, además, por la concepción misma de universidad y de formación. ¿Qué es ser universitario? ¿Sigue teniendo sentido y valor una formación que se supone apela a un conocimiento más *universal* y no sólo especializado? ¿Es posible hablar de *formación* en la universidad? ¿Qué responsabilidad le cabe a la institución en este proceso?

Todas estas cuestiones permean las prácticas docentes universitarias, sin ser habitualmente, objeto de reflexión por parte de la mayoría de sus protagonistas. Las finalidades suelen plantearse en términos muy generales como “contribuir a la formación de buenos profesionales”, sin analizar o definir qué implica el concepto de profesión, ni qué diferencia supone que su formación se realice en el marco de una universidad.

Hoy en día, las instituciones universitarias se han transformado y es en gran parte por las crisis que han debido enfrentar en el siglo XX y que impactan en sus finalidades y en su funcionamiento: crisis en su rol hegemónico, como productora de la alta cultura, el pensamiento crítico y los conocimientos ejemplares, científicos y humanistas, y también de patrones culturales medios y conocimientos instrumentales, útiles para la formación de una mano de obra calificada exigida por el desarrollo capitalista; crisis de legitimidad, provocada por el hecho de haber dejado de ser la universidad una institución consensual; crisis institucional, resultado de la contradicción entre la reivindicación de la autonomía en la definición de valores y objetivos de la universidad y la presión creciente para someterla a criterios de eficiencia y productividad de naturaleza empresarial o de responsabilidad social (De Sousa Santos, 2007, pp. 13-14).

A pesar de estas crisis, la universidad en el siglo XXI, aunque menos hegemónica, es necesaria como lo fue en siglos anteriores: su especificidad en cuanto bien público reside en ser la institución que liga el presente con el mediano y el largo plazo por los conocimientos y por la formación que produce, y por el espacio público privilegiado para la discusión abierta y crítica que constituye.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, es claro que no es sencillo (ni deseable) definir las finalidades de la educación superior en términos universales, pero sí que es imprescindible para pensar la enseñanza universitaria que, quienes son sus protagonistas las expliciten y analicen críticamente en el marco de estas consideraciones.

### **1.3.2. El objeto de enseñanza.**

¿Qué se enseña en las universidades? Los planes de estudio actuales dan cuenta de la complejidad en la formación universitaria que se plantea hoy. Si bien existe un discurso generalizado respecto de la necesidad de formar en competencias (entendidas no tanto como conjunto de conocimientos, habilidades o actitudes, sino como las capacidades que los movilizan, integran y orquestan) (Perrenoud, 2007), es necesario analizar qué significa esto y qué implicaciones tiene cuando se plantea en distintas carreras universitarias.

En primer lugar, parece haber acuerdo en las instituciones educativas de nivel superior respecto de que un egresado universitario debe ser capaz de resolver los problemas de su campo e insertarse en el mercado laboral, debe ser capaz de pensar alternativas fundadas en el conocimiento sistemático, específico de su área y promover transformaciones en la realidad cuando lo considere valioso y necesario.

Las diferencias aparecen cuando se avanza en la definición de, al menos, tres cuestiones:

- La organización curricular.
- La construcción del conocimiento en la universidad.
- La concepción académica o profesional de una carrera.

#### **1.3.2.1. La organización curricular.**

¿Qué tipo de organización curricular puede responder a los propósitos mencionados previamente? La mayor parte de las carreras universitarias en la Argentina, tienen un plan de estudios de corte tradicional, con un primer ciclo de materias básicas y un segundo ciclo de disciplinas aplicadas. En muchas de las carreras, existe un tercer ciclo que supone la realización de una práctica en el campo profesional.

Esta lógica de organización propia de la racionalidad técnica, de corte *aplicacionista* (Schön, 1992), supone que pueden derivarse los saberes prácticos de las disciplinas aplicadas y básicas, desconociendo la especificidad que tienen estos saberes. Al momento de participar de las prácticas profesionales los alumnos no recuerdan los aprendizajes previos o no saben cuándo, cómo, ni para qué utilizarlos. Esto es fruto del tipo de saber que se espera desarrollar en la práctica, que es esencialmente diferente a los anteriores y también por la construcción de un conocimiento frágil (Perkins, 1995), que puede haberse convertido en inerte, difícilmente recuperable en este nuevo contexto de aprendizaje.

Las primeras materias, correspondientes al primer ciclo, suelen responder a las distintas disciplinas o subdisciplinas que se consideran necesarias para la formación del alumno y presentan el conocimiento fragmentado o sin vinculación con su contexto de creación o sus posibilidades de uso, lo que no posibilita el aprendizaje situado y su consecuente recuperación en otras situaciones.

Existen algunas carreras que han diseñado planes de estudio que se proponen resolver estos problemas. Incluyen espacios de práctica desde el inicio de la carrera en los que alumnos van asumiendo diferentes roles, con responsabilidad creciente en las tareas que desarrollan. Suele quedar en manos de los docentes el plantear los puntos de articulación entre unos saberes y otros. Otra posibilidad (que es la menos extendida) es romper totalmente con la lógica disciplinar, organizando el plan de estudios en función de los problemas que presenta la realidad al egresado. Las carreras de Medicina son las que más han experimentado este tipo de diseño curricular a partir de la inclusión del aprendizaje basado en problemas, como lógica estructurante.

Si el objeto de estudio de la formación universitaria es entonces una serie de competencias que permitan pensar y operar sobre un campo de aplicación

que cada carrera define, se hace necesario analizar qué tipo de organización curricular es la que puede favorecer su desarrollo.

### **1.3.2.2. La construcción del conocimiento en la universidad.**

¿Qué ocurre cuando el conocimiento a enseñar se construye en el mismo lugar donde se enseña? ¿De qué modo opera la *transposición didáctica* (Chevallard, 1998) en la universidad?

No caben dudas de que, si bien nos referimos a una institución en la que la producción del conocimiento y su enseñanza están muy “cercanas”, el proceso de transposición didáctica se realiza aunque asuma ciertas especificidades. El recorrido que hace el saber, entre el momento de su construcción como *saber erudito* y su inserción en un programa de enseñanza, es más corto que en las instituciones educativas de los otros niveles del sistema. Las rupturas teóricas en las descontextualizaciones y recontextualizaciones del saber, que se operan a lo largo de esta *cadena de transposición*, son menores (Astolfi, 2001, p. 137).

El proceso adquiere ribetes diferenciados, además, si el saber erudito del que se trata, se enmarca en las ciencias básicas o en las aplicadas y si su recontextualización se realiza en asignaturas de corte más teórico o más cercano a la práctica. Cualquiera sea el caso, el conocimiento se transforma en función de las necesidades educativas a las que deba responder.

### **1.3.2.3. La concepción académica o profesional de una carrera.**

Cuando se plantea la existencia de carreras que tienen finalidades diferentes, como describíamos en el apartado 1.3.1., hablar de la formación en competencias cobra significados distintos.

Es necesario reconocer la diferencia que existe entre aquellas carreras universitarias de corte más profesional y las de índole más “académico”: unas procuran principalmente, el aprendizaje de un área del conocimiento de modo tal que los futuros egresados puedan participar de la construcción de conocimiento en el área (tal es el caso de carreras como Biología, Física o Historia, por ejemplo), mientras que otras se proponen formar profesionales que sean capaces de transformar la realidad poniendo en juego, no sólo el conocimiento disciplinar, sino una serie de habilidades prácticas no siempre ligadas a ese conocimiento. La

problemática, en estos casos, está vinculada a la transformación de un saber erudito generalmente teórico, abstracto, a un saber práctico o que debe fundamentar ese saber práctico. Proceso complejo que, como se sabe, no se da en forma deductiva, directa. Muchas veces es la práctica la que recurre a ese saber erudito para comprender o explicar su éxito o fracaso.

En el caso de las carreras más centradas en la investigación, el saber erudito que se construye en las propias universidades, puede estar incluido en diferentes momentos de la formación, a veces en las materias finales del grado, en las materias optativas o en el posgrado, aunque también pueden incluirse en materias del 1<sup>er</sup> ciclo.

Ahora bien, un primer análisis podría vincular a las carreras profesionales con una organización curricular más relacionada a las competencias y a las carreras académicas con una organización centrada en las disciplinas. Sin embargo, aprender a ser científico, a investigar, a reconocer las áreas que nos están cubiertas por la investigación y las necesidades sociales de saber, a comunicar ese saber a los colegas y a la sociedad, son competencias que deberían estar explícitamente consideradas y abordadas en los planes de estudio y ser objeto de enseñanza, y no suelen serlo.

En la mayoría de los casos, se deja al alumno la tarea de hacer los *puentes* entre el saber disciplinar y la práctica como investigador<sup>6</sup> lo que, sabemos, no siempre logra con éxito y, como venimos señalando, no sólo por falta de saberes previos o criterios claros, sino por las características propias del objeto de conocimiento.

### **1.3.3. Quiénes enseñan en las universidades.**

Los propósitos formativos y las tradiciones propias de cada profesión o área de conocimiento, dan lugar a la existencia de distintos cuerpos docentes en las diferentes Facultades que conforman la Universidad de Buenos Aires. Algunos de ellos se articulan fuertemente en torno de la investigación y otros en torno a la práctica profesional. Si bien todas las disciplinas requieren de la investigación, -dado que la formación profesional en la universidad se concibe como altamente sustentada en el conocimiento científico-, existen campos de conocimiento

---

<sup>6</sup> Sólo unos pocos pueden insertarse en equipos de trabajo o en laboratorios en los que el *aprendizaje artesanal* tenga lugar.

dentro de las Facultades, que concentran el mayor número de las dedicaciones exclusivas requeridas para el desarrollo de la investigación. Es así que la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales tiene el mayor porcentaje de docentes a tiempo completo de la Universidad de Buenos Aires.

La gran mayoría de los docentes universitarios carecen de formación pedagógica. La didáctica universitaria se encuentra con el desafío de convertirse en una herramienta para estos docentes que parecen no necesitarla y que desarrollan su práctica docente sin necesidad de una didáctica erudita que la sostenga (Camilloni, 2007; Contreras, 1990).

Los docentes universitarios comparten, en tanto profesionales, una serie de intereses comunes. Estos son: la libertad para enseñar e investigar su tema académico sin interferencias políticas o externas, el derecho a participar en las decisiones referidas al currículum y a la agenda de investigación, el derecho a participar en la determinación de las condiciones de vida y trabajo en la institución donde están empleados, la seguridad de la relación laboral y la garantía de condiciones de trabajo y términos satisfactorios (García de Fanelli, 2008, p. 14). A pesar de estos intereses comunes, se trata de una profesión internamente muy heterogénea. La profesión académica se ha fragmentado más allá de la división que genera la pertenencia disciplinaria. Las diferencias están dadas dentro del mismo cuerpo de profesores entre aquellos que tienen contratos estables y los que no los tienen; entre la elite que publica en revistas científicas de reconocimiento nacional e internacional y los que se concentran en tareas de enseñanza e investigación o actualización de cátedra; entre los que reciben plus salariales por su actividad con el sector productivo y los que no acceden a este espacio; y, por último, entre los *cosmopolitas* que pertenecen a comunidades académicas internacionales y los *locales* que sólo se vinculan con otros académicos en su país o localidad (García de Fanelli, 2008, pp. 17-18).

En el caso de la Universidad de Buenos Aires podemos señalar que existe la heterogeneidad que se plantea, y que se expresa como puede observarse en el interior de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, por un lado, en la crítica al *“avance del modelo profesionalista, que prima en la mayoría de la Universidad de Buenos Aires y, en particular, en casi todas las Facultades masivas.”*<sup>7</sup> Y, por

<sup>7</sup> Tomado de *Exactas y su futuro*. En la página web de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA ([http://www.exactas.uba.ar/institucional/display.php?estructura=1&desarrollo=0&id\\_caja=87&nivel\\_caja=1](http://www.exactas.uba.ar/institucional/display.php?estructura=1&desarrollo=0&id_caja=87&nivel_caja=1)) *“Este niega el costo real que tienen las actividades académicas en las áreas científicas como las de Exactas. Al respecto, consideramos que no podemos aceptar mansamente el destino que se nos fija,*

otro, en la definición de los egresados de la Licenciatura en Física como profesionales para los que la investigación es una de las posibles funciones que pueden realizar. La Facultad se posiciona fuertemente como generadora de conocimiento, al tiempo que plantea la necesidad de formar a sus egresados para resolver problemas concretos en el ámbito público o privado.

Reconocer las particularidades de la enseñanza universitaria que hemos desarrollado en el punto 1.3., específicamente en la Argentina, nos permite comenzar a entender la complejidad propia de este nivel de enseñanza en este tipo de instituciones que son las universidades.

Y para construir una didáctica universitaria es necesario tomar en consideración los puntos desarrollados previamente. Esto es, reconocer que aquello que se enseña en este nivel educativo puede responder a diferentes finalidades con toda la diversidad y complejidad que supone, que los contenidos de enseñanza son de diferentes tipos y se modifican de acuerdo al contexto curricular y a las características de la carrera en que se desarrollen, que los docentes que llevan adelante la enseñanza tienen características muy específicas (tampoco generalizables) que los hacen sujetos didácticos diferentes a los de los otros niveles educativos.

## **1.4. Didáctica y Enseñanza de las Ciencias<sup>8</sup>**

El estudio sobre la enseñanza de las ciencias se ha desarrollado ampliamente en las últimas décadas. En los siguientes apartados nos centramos en el objeto de estudio de la didáctica de las ciencias y sus características y en las líneas de investigación en este campo.

Todos estos aspectos nos permitirán definir con más claridad el objeto de nuestra investigación y el encuadre de trabajo con que se ha realizado esta tesis.

### **1.4.1. Su objeto de estudio.**

Definir la disciplina desde y para la que se propone construir conocimiento en esta investigación, supone reconocer los límites y potencialidades que implica investigar en Didáctica General y en Didáctica de las Ciencias Naturales, y lo que esto implica para la definición del objeto de investigación.

Parafraseando a Alicia Camilloni (1994), podemos decir que si el objeto de la didáctica, la enseñanza, se presenta como una labor de extrema complejidad cuando se la encara seriamente, la construcción de una didáctica de las ciencias naturales, esto es, de una teoría de la enseñanza de las ciencias naturales, se revela doblemente intrincada. A la complejidad de su objeto (la enseñanza de las ciencias naturales) se añade el controvertido carácter epistemológico de la didáctica misma como disciplina.

Decía Rafael Porlán hace 20 años:

Consideramos a la Didáctica de las Ciencias, pues, como una disciplina emergente que forma parte de la didáctica y que se incluye en el campo más amplio de las Ciencias de la Educación. Aún cuando su origen está muy vinculado a las ciencias experimentales, actualmente, después de un largo proceso de reflexión y reelaboración epistemológica, psicológica y didáctica, está plenamente integrada en las ciencias sociales. En gran medida, este proceso de redefinición, que ha estado inmerso en un cambio mucho más amplio y profundo de carácter social, económico, político y filosófico, ha marcado la evolución de sus cuarenta años de existencia más o menos formal. (1992, p. 70)

A partir del planteamiento que realiza Porlán y que supone una serie de inclusiones sucesivas, es posible señalar que las consideraciones hechas hasta el momento en este trabajo, son aplicables a la Didáctica de Ciencias. Es decir, es una disciplina que intenta comprender para intervenir, reconociéndose deudora de otras disciplinas y necesariamente comprometida con ciertos valores y finalidades que la exceden como disciplina.

Es necesario, sin embargo, considerar la especificidad de su objeto, sus focos de interés para el desarrollo de la investigación, sus preocupaciones actuales, para poder reconocer cuáles son los puntos de contacto de la Didáctica de las Ciencias con el trabajo realizado en esta investigación.

Con relación al primer aspecto, señala también Porlán (1993), la necesidad de responder una serie de preguntas clave para poder construir una teoría sobre la enseñanza de los conocimientos, como es la Didáctica de las Ciencias. Estas preguntas se refieren a la naturaleza del conocimiento científico (contenido central del aprendizaje académico), a la naturaleza del conocimiento cotidiano (ámbito desde el que los profesores y estudiantes interactúan entre sí y con los contenidos), a la relación entre ambos, y a las características del desarrollo conceptual. Es necesario entonces, analizar qué ocurre con el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico. Sobre éste último nos explayaremos en el capítulo 3.

Existen en la actualidad numerosos trabajos con relación a los contenidos de enseñanza. Ya sea que éstos sean fruto del proceso de transposición didáctica (Chevallard, 1998) o sean construcción de la propia institución educativa (Goodson, 1993), es claro que aquello que se enseña es cualitativamente diferente al conocimiento que construye la comunidad científica.

Se añade, por tanto, otro tipo de saber, el conocimiento escolar, que no es la mera contextualización de conocimiento científico en el aula. Algunos investigadores se refieren a este saber como “ciencia escolar”, entendiendo que ésta se refiere a los modelos de ciencia generados en el aula para dar respuestas a las preguntas que pueden ser relevantes para los alumnos de una determinada edad o contexto social, y que, además, deben ser coherentes con los de la ciencia actual. Este conocimiento deseable, diferente en la escuela primaria, en la secundaria, en la universidad o en el último congreso de la especialidad, será

válido si las explicaciones que se construyen realmente *explican*, es decir, si dan sentido a los hechos analizados en cada contexto y posibilitan la comunicación entre los sujetos.

La construcción del conocimiento didáctico sobre la enseñanza de esta ciencia escolar, requiere el estudio de la especificidad propia de su contexto de enseñanza y aprendizaje, y de la ciencia erudita con la que se articula. Para algunos sólo puede ser el resultado al que se llega después de aproximaciones inicialmente simplificadoras y disciplinares. Para otros, debe profundizarse en los problemas relevantes para los ciudadanos, y sólo tiene sentido abordarla desde la perspectiva de la complejidad y consecuente interdisciplinariedad (Sanmartí e Izquierdo, 1997, p. 54).

No es posible dar una respuesta única a esta cuestión. Y esto se vincula no sólo con el nivel educativo al que nos estemos refiriendo, sino a la diferencia entre los procesos interpretativos y propositivos de la Didáctica. Es necesario, por una parte, analizar lo que efectivamente sucede en las aulas, cuál es el tipo de conocimiento que se enseña y desde qué perspectiva epistemológica se lo puede considerar. Y será importante también, asumir una posición respecto de cuál es el conocimiento que debería enseñarse en las aulas y con qué finalidad, para poder recorrer la distancia que existe entre realidad y posibilidad.

Hablar de ciencia escolar supone también el reconocimiento de la existencia de un conocimiento cotidiano que es el que, sin dudas, da sentido al aprendizaje en la escuela. Es el que necesita ser enriquecido y/o transformado para posibilitar otros modos de ser, estar y actuar en el mundo. Es el que actúa muchas veces como obstáculo para el aprendizaje científico.

La Didáctica de las Ciencias, por tanto, reconoce la existencia de estos diferentes tipos de conocimiento que se ponen en juego en la enseñanza de las ciencias en la escuela, y gran parte de su tarea se centra en analizar y proponer los modos en que se producen las transiciones de uno a otro.

#### **1.4.2. Los focos de interés de la Didáctica de las Ciencias.**

A comienzos de los '90, se reconocían tres grandes líneas de investigación (Porlán, 1992, 1993; Gil Pérez, 1994), vinculadas a tres campos principales:

- El conocimiento científico en lo que respecta a sus aspectos históricos y epistemológicos (concepción de ciencia y de método científico).

- El conocimiento cotidiano: conocimientos previos de los alumnos, cuáles son, su origen, cómo se modifican.

- La relación entre ambos: cómo aprenden los alumnos (así como para el avance de las ciencias se hace necesario un cambio no sólo conceptual sino también metodológico, en el aprendizaje de los alumnos es necesario plantear otros modos de construir el conocimiento). Se incorpora el estudio de la resolución de problemas como instrumento de familiarización con las estrategias del trabajo científico.

Una década después, el campo se ha ampliado y puede reconocerse una gran variedad de temáticas dentro de los intereses de esta disciplina. De acuerdo a los investigadores del Grupo Blas Cabrera Felipe-GITEP de la Universidad de La Laguna en Tenerife (Elórtegui y otros, 41-44), las líneas prioritarias de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales pueden clasificarse según dos grandes ideas: la aceptación de la complejidad y la Caducidad, inestabilidad, y el cambio continuo. En la Tabla 1 se describen ambas ideas.

Tabla1

*Líneas prioritarias de investigación*

<b>La aceptación de la complejidad</b>	<b>Caducidad, inestabilidad, cambio continuo</b>
<p><i>En lo relativo a la diversidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideas previas, esquemas de pensamiento, analogías.</li> <li>• Pensamiento del profesor, modelos didácticos, evaluación de la práctica docente.</li> <li>• Aplicación de proyectos educativos, evaluación de centros.</li> <li>• Programas de formación especializada, formación de adultos.</li> </ul>	<p><i>La necesidad de adaptación al cambio</i></p> <p>Inserción en la enseñanza de la ciencia y de la filosofía de la ciencia.</p>
<p><i>Sobre la existencia de múltiples saberes con fronteras desdibujadas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación ambiental, relaciones ciencia / técnica / sociedad, áreas transversales.</li> <li>• Formación del profesorado.</li> </ul>	<p><i>La emergencia del procedimiento por sobre el concepto y la importancia de la actitud</i></p> <p>Enseñanza de procedimientos y actitudes.</p>
<p><i>Con relación a la comunicación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Léxico, comunicación oral y escrita, interpretación de mensajes.</li> <li>• Uso de audiovisuales, enseñanza con apoyo informático, utilización de Internet, teleformación.</li> <li>• Enseñanza del uso de fuentes de información, enseñanza de procedimientos de tratamiento de datos y de información.</li> </ul>	<p><i>La preparación para afrontar las situaciones desconocidas</i></p> <p>Resolución de situaciones problemáticas, enseñanza por investigación guiada, estudio de casos.</p>

Tabla 1 tomada de Elórtegui Escartín y otros (2002) Consideraciones sobre la investigación en didáctica de las ciencias de la naturaleza. En *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Nº 34. Octubre 2002.

Es importante reconocer que, como en toda empresa joven, se ha producido el desarrollo de ciertas líneas de atención que se han ido consolidando (ideas previas, resolución de problemas, constructivismo, etc.), al tiempo que han aparecido distorsiones fruto de la falta de estabilidad del cuerpo en construcción.

Algunas de estas distorsiones se vinculan con planteamientos teóricos vacíos, que utilizan un vocabulario pseudoinstitucional y disfrazan la ausencia de innovación con puntos de vista estrechos hacia la aceptación de otras propuestas. Otras, con la realización de estudios experimentales que, la mayor parte de las veces, surgen de los intentos de adaptar la investigación en didáctica de las ciencias experimentales a las características de la investigación de las ciencias básicas empíricas. (Elórtegui y otros, 2002, p. 39).

Por otro lado, en el Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, realizado en Girona en septiembre del 2013 (uno de los

congresos más grandes en lengua española dedicado a esta área) se presentaron

660 trabajos agrupados en 13 ejes<sup>9</sup>.

Sobre este aspecto nos gustaría destacar algunos datos:

- a. Más del 25% de los trabajos se refirieron al eje 4, Formación inicial y permanente de profesorado. En segundo lugar, el eje 12, *Diseño, implementación y evaluación de propuestas didácticas*, contó con el casi 12% (78) de los trabajos, entre los que, aquellos vinculados al nivel superior fueron sólo 2 y a la Física, 6, es decir 0,15% y un 1% respectivamente. Tres de los trabajos articularon educación superior y Física.
- b. En el eje 1, *Educación científica en contextos formales*, se incluyen una diversidad de trabajos (10% del total), entre ellos 7 sobre Educación superior, 6 sobre Física y 4 de estos 13, se refieren específicamente a la enseñanza de la física en la Educación Superior.
- c. En el eje 6, *Historia y naturaleza de la ciencia*, del 9,5 % de los trabajos (63) sólo 3 se refieren a la universidad y 2 a la Física. La intersección está dada en un trabajo que aborda la formación de profesores de física en la universidad.
- d. En el eje 8, *Lenguaje y argumentación*, que incluye el 7,5% de los trabajos, hay 4 trabajos sobre universidad y 6 sobre enseñanza de la Física. Sólo uno de ellos vincula Física y Educación Superior.

Tenemos, entonces, que menos del 1,4% de los trabajos presentados abordan la enseñanza de la física en la universidad. Si consideramos este porcentaje, podemos ver a la enseñanza universitaria de la física como un área poco explorada, cualquiera que sea su enfoque.

Otro elemento central a considerar es el que plantea Martinand (1992), y del que surgen una serie de afirmaciones y también de interrogantes se refiere a quiénes son los investigadores en el campo, de dónde provienen. Tienen principalmente tres orígenes: por una parte, los docentes, es decir, profesionales que han querido investigar sobre su objeto de enseñanza; por otra, los investigadores universitarios de las disciplinas correspondientes; y, en tercer lugar y como grupo más pequeño, los especialistas en educación que se adentran en campos disciplinares específicos. Esta diversidad de investigadores es una característica específica de la didáctica de las disciplinas, lo que le da una configuración completamente particular, entre el conjunto de las demás disciplinas universitarias.

Esta característica nos lleva a pensar en dos aspectos: quiénes investigan en Didáctica de las ciencias y de qué manera el saber construido “ilumina” las prácticas y posibilita la construcción de alternativas, de estrategias de enseñanza que promuevan el aprendizaje reflexivo. Teniendo en cuenta estas consideraciones reconocemos la necesidad de recuperar todos estos aportes para una didáctica universitaria, al tiempo que se recupera una mirada específica sobre su objeto.

## **1.5. Los buenos docentes y las buenas prácticas**

### **1.5.1. Las buenas prácticas.**

En los últimos años se ha desarrollado la perspectiva referida a las *buenas prácticas* (distinta de la ya desarrollada sobre la *buena enseñanza*). Ésta ha estado vinculada, con frecuencia, a otros conceptos referidos a la actividad educativa como: innovación, actualización de recursos, calidad, evaluación positiva, etc.

La idea de buena práctica se aplica a cualquier tipo de actuación poniendo más énfasis en el componente adjetivo (buena) que en el sustantivo (tipo de práctica). Reconociendo que no puede existir un modelo universal o una forma de hacer que sea la mejor y, además, transferible a cualquier situación, se ha buscado en la identificación de buenas prácticas, las diversas formas de responder con eficacia y satisfacción de los participantes a las diferentes demandas educativas del contexto (Zabalza, 2012, p. 21).

Describimos esta perspectiva que nos aporta algunos elementos interesantes para entender quiénes son los docentes y cuáles son las prácticas que observamos.

Algunas de sus características fundamentales, de orden epistemológico, son:

- La práctica como *acción condicionada*. En el caso de las prácticas educativas, éstas vienen condicionadas por el nivel educativo, la institución y su dinámica, el currículo, los estudiantes, etc.
- La *bidimensionalidad* del concepto de práctica. Toda acción es objetiva y subjetiva a la vez. Es conducta y pensamiento, algo que se hace y que al

mismo tiempo tiene un sentido; es un acto personal y una realidad cultural.

- Aluden más al *paradigma proceso - producto* que al *paradigma input - output*. La potencialidad radica en el “buen hacer” en la práctica, en la acción desarrollada, en el proceso.
- La idea de *buena práctica* se enriquece aún más en aquellas formulaciones en las que la práctica se transforma en *praxis*. Mejora el *statu quo* de las cosas y de las personas. Tiene por objetivo transformar la realidad y mejorarla.
- Incluyen, necesariamente, el objetivo de *buenos aprendizajes*, pero trascienden lo instructivo para proponerse mejoras en los ambientes de aprendizaje, en el valor y sentido de las cosas que se aprenden y en la forma en que se hace.

Otro punto central, al proponer el análisis de las *buenas prácticas*, es la clarificación sobre la unidad de análisis que resulta fundamental para la definición de nuestro objeto de estudio. La pregunta que surge es ¿qué es lo que se está intentando estudiar, buenas prácticas o, simplemente, prácticas de buenos profesores? Los criterios de selección suelen referirse más a los profesores (los más reconocidos, los mejor valorados por sus estudiantes, etc.), por lo que, al llegar a sus prácticas, éstas pueden no ser tan buenas o innovadoras como cabría esperar. Es decir, lo que se estudian son prácticas, unas buenas y otras no tanto, de buenos profesores. No exactamente, buenas prácticas. Tal como plantea Zabalza, *los buenos docentes*, son una puerta de entrada para analizar sus prácticas. Eso significa que se tomarán en consideración pero sólo como contexto y fondo de la práctica a estudiar. La unidad de estudio será, por tanto, cada experiencia o iniciativa seleccionada (Zabalza, 2012, p. 35).

Presentamos algunas líneas de investigación que nos permiten profundizar y caracterizar a los “sujetos” de esta tesis que llevan adelante “buenas prácticas”.

### **1.5.2. Buenos docentes, apasionados, excepcionales, memorables.**

Existe una serie de investigaciones que caracterizan a los buenos docentes, a los profesores excelentes, extraordinarios. Algunos de ellas analizan a los docentes sin explicitar un nivel de enseñanza en el que se desempeñen o de experiencia previa, pero existe también otro grupo de investigaciones que se

refieren específicamente a un nivel educativo o a un área de conocimiento en particular (Harrell, 1996; Bain, 2007).

Bárbara Harrell (1996) plantea que las características que distinguen a los profesores excelentes son conocidas:

- 1) Aman las materias que enseñan
- 2) Respetan y quieren a sus estudiantes
- 3) Son expertos conectando las dos cosas que cuidan profundamente -los contenidos de sus materias y sus estudiantes.

En palabras de Robert Fried (1995):

Ser un docente apasionado es estar enamorado de un campo del conocimiento, profundamente movilizado por las cuestiones e ideas que representan un desafío para nuestro mundo, atraído por los dilemas y el potencial de los jóvenes que acuden a clase cada día... o fascinado por todas estas cosas. Un docente apasionado es el que rompe el aislamiento del aula y se niega a dejarse dominar por la apatía o el cinismo. Sostengo en estas páginas que los docentes sólo pueden disipar las tinieblas del acatamiento pasivo o el desinterés activo que envuelven a muchos alumnos cuando llevan a su trabajo cotidiano la pasión que sienten por el aprendizaje y la vida. Creo que todos tenemos la voluntad interior de ser docentes apasionados, y que ninguna otra cosa servirá del todo (citado en Sarason, 2002, p. 76).

K. Bain (2012), por su parte, ha reconocido quince condiciones de lo que llama un *Entorno de Aprendizaje Crítico Natural*, que forman parte de las condiciones que se encuentran en las aulas, laboratorios, trabajos de campo y otros lugares donde enseñan los profesores universitarios que tienen éxito en la promoción de enfoques profundos en el aprendizaje. Éstas son:

1. La posibilidad de responder preguntas o resolver problemas que los propios aprendices encuentran interesantes, intrigantes, importantes o bellos.
2. Recibir retroalimentación y tratar nuevamente de responder preguntas o resolver problemas antes de que otro lo haga por ellos.
3. Trabajar colaborativamente con otros aprendices para resolver los mismos problemas.

4. Pensar sobre posibles respuestas o soluciones aún antes de saber que saben mucho sobre la materia, y para recibir retroalimentación sobre esas alternativas.
5. Enfrentar repetidos desafíos para los paradigmas fundamentales existentes.
6. Conseguir apoyo (emocional, físico, e intelectual) cuando lo necesitan.
7. Reconocer que sus paradigmas existentes no funcionen.
8. Tener el control de su propio aprendizaje.
9. Creer que su trabajo será considerado justa y honestamente.
10. Creer que su trabajo importará, que tendrá consecuencias significativas para ellos mismos y/o su mundo.
11. Creer que la inteligencia y las habilidades son ampliables, que si trabajan duro, conseguirán mejorarlas.
12. Creer que otras personas tienen fe en sus habilidades para aprender.
13. Creer que pueden aprender.
14. Tener una oportunidad para «hacer la disciplina» antes de que, «conozcan la disciplina» completamente.
15. Tener la oportunidad de aprender inductivamente desde ejemplos específicos y experiencias hacia principios generales, en lugar de hacerlo desde lo general a lo específico.

Estas condiciones invitan a una variedad de formas para alcanzarlos. Existe sobrada evidencia de que es más probable que la gente aprenda profundamente cuando está tratando de responder sus propias preguntas o resolver sus propios problemas y en la educación formal, los aprendices no están usualmente a cargo de las preguntas. Los mejores docentes encuentran las formas de vincular sus propias preocupaciones y los intereses disciplinarios, con las preguntas que están ya en las mentes de sus estudiantes y los ayudan a ir desde ellas hacia nuevas cuestiones que nunca habían imaginado. A través de las preguntas que plantean, estos docentes involucran a los estudiantes para *hacer ciencia* incluso antes de *saber ciencia* (Bain, 2012, p. 12).

Los principios pedagógicos de esas buenas prácticas de oficio fueron descritos sencillamente por Philip Jackson cuando señala que se trata de una masa compacta de cinco cosas: ser justo en el trato; dominar la disciplina; estimular, premiar o corregir; reconocer errores; corregir a tiempo (2002, p. 66).

En un trabajo anterior P. Jackson se ocupa de los docentes memorables (que no son necesariamente “buenos”) y nos permite entender porqué los alumnos consultados recordaron a ciertos docentes y no a otros. Plantea que quizás todos podemos recordar a uno o dos docentes excepcionales (o más, si fuimos afortunados), que son aquellos que marcaron un *cambio real* en nuestra vida y que tal vez lo hicieron de manera tal, que todavía podemos recordar el hecho específico o las palabras exactas que marcaron ese cambio. Sin embargo, en muchos casos, cuando tratamos de encontrar indicios de la influencia de estos docentes, no podemos decir con certeza cuál ha sido (1999, pp. 28-29).

La propuesta de Jackson remite a la necesidad de recuperar aquellas “marcas” que dejan ciertos docentes en sus alumnos. Estas marcas suponen una manera particular de ser y enseñar de estos docentes que, si logramos reconocerlas, pueden ayudarnos a caracterizar a los buenos docentes y a enfrentar el desafío que propone el mismo Jackson:

Si en los años venideros no somos capaces de reflexionar más profundamente que hoy acerca de algunas de las complejidades que habitan el corazón mismo de la enseñanza, si no somos capaces de apreciar más plenamente el papel que pueden desempeñar y desempeñan los docentes en nuestra vida, estamos condenados a tener aquellas escuelas y aquellos docentes cuyas potencialidades formativas nunca llegan a realizarse (1999, p. 43).

### **1.5.3. Expertos y novatos.**

La línea de investigación vinculada con docentes expertos y novatos, incluye trabajos que comparan el desempeño entre ambos. A continuación presentamos algunas ideas relevantes.

Emilio Sánchez, Javier Rosales, Isabel Cañedo y Pilar Conde (1994) realizan un estudio comparativo entre docentes expertos y principiantes en relación al discurso expositivo. Con relación a *lo dado*, los profesores expertos utilizan una gama más variada de recursos y, sobre todo, son empleados de una manera estratégica, especialmente en la creación inicial del *contexto*. Los expertos difieren considerablemente entre sí en el uso de estos recursos de *contextualización* (desde luego en mucha mayor medida que en los recursos para

crear el contexto y para desarrollar ideas nuevas). Así, unos se preocupan más por dar sentido a su exposición, otros por contextualizarla.

Desde el punto de vista de la *Microestructura*, que refiere a la existencia de un hilo conductor, entre lo expresado en una idea y las que le siguen, y que esta continuidad temática puede ser apreciada sin dificultad por el receptor, uno de los rasgos más llamativos es que los profesores expertos mantienen en todo momento dicha continuidad temática, no así los profesores principiantes. Los profesores expertos resultan más reiterativos y retóricos que los principiantes. El discurso de estos últimos aparece desnudo de apoyos y por lo tanto tiene una mayor densidad semántica.

Los profesores expertos, también resaltan qué ideas dan un sentido global a lo expuesto: *Macroestructura*. Y lo hacen de cuatro modos. En primer lugar, indican de qué van a hablar a través de señales e identificaciones de tema. En segundo lugar apoyan las ideas de mayor importancia, como aparece indicado en el coeficiente retórico por niveles. Además recapitulan esas mismas ideas. Y por último, la evaluación tiende a girar sobre esas ideas globales, lo cual es un modo de señalar a la audiencia cuál es la macroestructura. Sobre la organización global de los discursos no han podido apreciar una superestructura clara en el discurso de los dos tipos de profesores.

Por otro lado, *la secuencia expositiva prototípica* de los profesores expertos difiere de la de los principiantes; y más importante aún, esas diferencias son relevantes teóricamente. Lo que distingue a los expertos son precisamente aspectos que facilitan la comprensión: la redundancia, la identificación de los temas, el recapitular antes de iniciar un nuevo episodio explicativo, el hecho mismo de que la exposición tenga un ritmo regular y por tanto previsible.

Gudmundsdóttir y Shulman (2005) desarrollan un estudio comparativo entre docentes expertos y principiantes, basándose en el "*Modelo de Razonamiento Pedagógico*" propuesto por L. Shulman (1987). Este modelo plantea que los profesores se inspiran en fuentes de conocimiento que se han identificado como: conocimiento del contenido, conocimiento didáctico del contenido, conocimiento curricular, conocimiento didáctico general, conocimiento de las metas y objetivos, conocimiento de los alumnos, y conocimiento de los contextos, marcos y gestión educativa.

Los profesores principiantes y expertos estudiados tienen un importante elemento en común: ambos tienen conocimiento experto del contenido de sus disciplinas. Hay, sin embargo, dos grandes diferencias relacionadas con su conocimiento del contenido. Los profesores expertos cuentan con un punto de vista sobre el contenido, lo que probablemente juega un papel importante en la transformación del conocimiento del contenido en conocimiento didáctico del contenido. Hay una diferencia, además, en las oportunidades que han tenido para hacerlo. Han desarrollado una sofisticación en segmentar y estructurar el currículum, y conocen los pros y contras de cada enfoque. El principiante sólo conoce una forma que es la que utiliza.

Los profesores experimentados, además, pueden darle sentido más fácilmente a las unidades largas como un curso. Los principiantes, por el contrario, piensan sobre una unidad por partes, sin intentar ver la relación con el todo.

Vicente Mellado (1998) sintetiza los hallazgos de las investigaciones que comparan profesores expertos de ciencias con principiantes. Entre las características que nos resultan de mayor interés destacamos aquellas que se refieren a las explicaciones. A diferencia de los principiantes, los docentes expertos incluyen pocas proposiciones en cada secuencia, con pequeñas pausas entre cada proposición. Prefieren explicaciones sencillas que ayuden a los estudiantes a centrarse en los conceptos importantes y en las que tengan más alternativas para representar los conceptos. Destacan los ejemplos, las analogías, la anticipación de contenidos y los resúmenes. Las preguntas que realiza en clase el profesor experto están relacionadas con la calidad de la enseñanza y, a través de ellas, puede provocar intervenciones de alto nivel cognitivo en los estudiantes. A la hora de resolver problemas aportan más conocimiento declarativo, usan menos pasos y generan más subrutinas y más soluciones alternativas. Los profesores de ciencias, considerados excelentes, mantienen un clima de clase constructivo en el que los estudiantes están motivados para el aprendizaje.

Recuperar los resultados de estas investigaciones nos permite ampliar la caracterización de los buenos docentes, desde el supuesto que estos últimos tienen ciertos rasgos comunes con los docentes expertos (aunque éstos no necesariamente puedan considerarse buenos docentes).



## **CAPÍTULO 2: La clase. Diferentes miradas del objeto**

### **2.1. Introducción**

Tal como planteáramos en el capítulo anterior, la enseñanza es un proceso amplio y complejo. En el marco de esta investigación, hemos centrado la mirada en la clase, lo que supone un recorte dentro de las prácticas de enseñanza. En ella, las interacciones entre docentes y alumnos, y el lenguaje como herramienta privilegiada para enseñar y aprender ciencia, cobran especial relevancia. La concepción epistemológica de los docentes acerca de lo que se enseña, de la ciencia y del conocimiento en general (cómo se construye y valida), *tiñe* además, de manera particular este espacio de enseñanza y aprendizaje.

El término *clase* que, en el marco de los procesos de escolarización, es una actividad que se desarrolla al interior del aula, remite hoy a la imagen triangular como representación de la relación que, se entiende, la caracteriza. Docente-alumno-conocimiento son componentes que se entrecruzan, se entrelazan, se convierten en mediadores en un *continuo devenir*, como proceso en marcha, que no está cristalizado ni totalizado (Edelstein, 2011, pp. 168-169). Esta imagen coloca en cada vértice un referente en términos singulares. Sin embargo, considerando la compleja trama de relaciones que los atraviesa, tendría que recuperar la perspectiva de la pluralidad para dar cuenta de sus relaciones.

Desde esta perspectiva, que recupera la complejidad e invita a múltiples miradas, abordamos nuestro objeto. La psicología, la lingüística, la epistemología

---

*disminuyendo la cantidad de horas y la calidad de nuestra enseñanza experimental. Vamos a seguir liderando la defensa de un modelo de UBA que incluya el desarrollo científico-académico como una actividad inherente a la misma. Pero si el resto de la UBA continúa sosteniendo que somos un "lujo" demasiado costoso, fuera de los intereses o posibilidades del conjunto, no descartamos la posibilidad de impulsar la constitución de un instituto universitario autónomo. Debe quedar claro que esta opción no es la que anhelamos, pero que puede ser la única alternativa que nos quede para dar continuidad a la tarea que hemos desarrollado en los últimos 135 años."*

<sup>8</sup> La denominación abreviada de *didáctica de las ciencias y enseñanza de las Ciencias*, se refiere a las ciencias experimentales o naturales. Los investigadores en esta área - que suelen ser científicos provenientes de la biología, la física, la química, etc.-, utilizan dicha denominación sin aclarar de qué ciencia se trata.

<sup>9</sup> Los ejes fueron: [1. Educación científica en contextos formales](#), [2. Educación científica en contextos no formales](#), [3. Educación científica en entornos virtuales](#), [4. Formación inicial y permanente de profesorado](#), [5. Educación ambiental y Educación para la sostenibilidad](#), [6. Historia y naturaleza de la ciencia](#), [7. Aprendizaje científico. Factores cognitivos, emocionales y sociales](#), [8. Lenguaje y argumentación](#), [9. Evaluación de programas y aprendizajes](#), [10. Enfoques de la educación científica en contexto](#), [11. Complejidad e interdisciplinariedad](#), [12. Diseño, implementación y evaluación de propuestas didácticas y](#) [13. Educación científica y diversidad](#).

y la misma didáctica, nos permiten construir estas miradas y reconocer que todas ellas son necesarias para comprenderlo.

La clase es el escenario donde se producen las prácticas de enseñanza, es un ámbito donde los sucesos transcurren, donde se dan formaciones específicas, configuraciones peculiares de tareas, de relaciones, etc. (Souto, 1996, p. 136). La clase abarca los procesos y las relaciones que se producen en ella, y remite a un ámbito delimitado por el aula en lo espacial y por el año lectivo en lo temporal.

Con relación a este último aspecto es necesario señalar que la clase es un *espacio* en un tiempo. Hablar de la clase como espacio es realidad y también metáfora. En ella ocurren y transcurren procesos, se construyen, se *reubican* y redistribuyen, el devenir de la enseñanza tiene en ella un lugar y un tiempo definidos. De ahí que presentaremos las diferentes miradas desde esta imagen: la clase como espacio para construir conocimiento, en que interactúan docente y alumnos; como espacio narrativo, para el diálogo, para enseñar, aprender y hablar ciencia; como espacio en el que se *explica* y se utilizan metáforas y analogías.

No siempre es un espacio intencionalmente diseñado u ordenado, no todas las clases nos resultan acogedoras, cómodas, etc. Y de acuerdo a las lentes que utilicemos para mirar, podremos encontrar sentidos diferentes a aquello que vemos: el *espacio* se reconfigura desde esas lentes.

## **2.3. Distintas perspectivas sobre la clase**

### **2.2.1. La clase como espacio de construcción de conocimiento y de interacción.**

Los desarrollos en psicología educacional en los últimos 50 años, dan cuenta de los procesos de aprendizaje y enseñanza en términos de construcción. El constructivismo social ha permitido reconocer algunos elementos centrales en estos procesos, entre los que queremos señalar específicamente los siguientes (Cubero, 2005, p. 176):

- Una concepción de las personas como agentes activos en la construcción de la realidad.

- Una concepción del lenguaje como acción, frente a un carácter exclusivamente referencial o comunicativo.
- La construcción del conocimiento como un proceso situado en un contexto cultural e histórico y también constructor de ese contexto.
- La construcción del conocimiento como un proceso interactivo.

El proceso de construcción de significados compartidos entre docentes y alumnos remite a las distintas formas en que unos y otros comunican y construyen las representaciones que tienen sobre los contenidos y las tareas escolares, las contrastan, negocian y, eventualmente, las modifican (Coll, 2006, p. 400).

A consecuencia del impacto del constructivismo social y también de los enfoques socioculturales, se elaboraron explicaciones del aprendizaje y de la enseñanza basadas en el lenguaje, o más específicamente en el uso que hacen profesores y alumnos del lenguaje, mientras despliegan las actividades escolares, esto es, en el *discurso*.

Entre los principios teóricos que caracterizan esta perspectiva acerca de la actividad en el aula, podemos reconocer los siguientes (Coll, 2006, pp. 389-392): la interacción cara a cara que tiene lugar en el aula como un proceso gobernado por reglas; las actividades e interacciones que despliegan docentes y alumnos en el aula son, en gran parte, el resultado de un proceso de co-construcción entre los participantes; el significado depende del contexto específico en el que se manifiesta; la comprensión y construcción de significados sobre los contenidos escolares supone la puesta en marcha de procesos cognitivos inferenciales; las aulas son entornos comunicativos con unas características propias; y la enseñanza es un proceso comunicativo asimétrico.

Pensar el lenguaje como acción y a la enseñanza como proceso comunicativo, pone el foco en un hecho esencial que transcurre en las clases y que no había sido considerado previamente. En la educación superior, que pretende que los estudiantes dominen el lenguaje propio de una disciplina o campo profesional y que sean capaces de utilizarlo para comunicarse y construir nuevos conocimientos, cobra mayor importancia aún. Implica reconocer la existencia de, al menos, dos lenguajes en la clase, uno de los cuales es al mismo tiempo objeto y herramienta para aprender.

Se han desarrollado numerosos estudios sobre el discurso en el aula. Uno de ellos, que ha adquirido especial relevancia en la comunidad científica, es el que dio cuenta de la denominada regla de los dos tercios, que refleja el hecho de que en la mayoría de las aulas observadas (Flanders, 1978): alguien está hablando durante aproximadamente dos tercios del tiempo; aproximadamente dos tercios del habla que se produce corresponde al profesor, y aproximadamente dos tercios del habla del profesor consiste en explicaciones o preguntas.

Los trabajos de Sinclair y Coulthard (1975) han contribuido fuertemente a construir una mirada particular sobre el discurso educacional. A partir del análisis de producciones verbales de docentes y alumnos en aulas de educación básica, llegaron a la conclusión de que la organización de la actividad en el aula está estructurada en función de una serie de elementos que se articulan jerárquicamente. El elemento básico es la estructura de intercambios IRF<sup>10</sup> que hace referencia a tres *movimientos* característicos de gran parte de las interacciones comunicativas que se producen en las aulas: el profesor (I) inicia el intercambio, lo cual provoca una respuesta (R) por parte del alumno, a la que sigue una retroalimentación o feedback (F) del profesor. La estructura IRF cumple un gran número de funciones didácticas, y ello depende de las tareas, los objetivos educativos que se persiguen y otros factores presentes en las actividades de enseñanza y aprendizaje que se dan en las clases. En la universidad esta estructura varía también en función del tipo de clase de que se trate (teórica, práctica, etc.).

Una de las aproximaciones más interesantes es la realizada por Edwards y Mercer (1987). Para estos autores, el aula es una situación comunicativa y el habla de profesores y alumnos tiene muchos rasgos en común con el habla de los participantes en otros tipos de situaciones comunicativas, aunque presenta también unos rasgos propios. Los profesores y alumnos deben respetar, compartir y aplicar una serie de reglas *pragmáticas* que, en principio, son idénticas a las que, de forma implícita, utilizan los participantes en las conversaciones que tienen lugar en otros contextos sociales e institucionales.

Entender al aprendizaje como un proceso de co-construcción, de construcción conjunta, en el que el lenguaje tiene un rol fundamental, abre a un gran número de aspectos que deben contemplarse para pensar en la enseñanza

---

<sup>10</sup> Conocidas también como secuencias IRE (Interrogación, Respuesta, Evaluación).

universitaria. Ésta le da un cariz específico a la práctica y a cuál es su sentido, ya que, como se planteó en el capítulo anterior, la institución universitaria con su historia y sus finalidades, los docentes que construyen conocimiento en su campo, los alumnos que se forman para ser científicos, la Física con sus cambios y continuidades, contextualizan el proceso de construcción, lo atraviesan y se modifican con él.

La construcción del conocimiento es también un proceso interactivo. Para avanzar en su comprensión, hemos considerado, dentro del extenso cuerpo de investigaciones que existen sobre el tema, cuatro líneas que nos resultan centrales para pensar la interacción en el aula. Sus enfoques, propuestas metodológicas y los resultados que construyen, son elementos importantes para pensar la clase y a los docentes que las llevan adelante.

*Interacción profesor-alumnos y comunicación en el aula.* Esta primera línea de trabajo es la que llevan adelante Derek Edwards y Neil Mercer (Edwards y Mercer, 1988; Mercer, 1997; Mercer, 2001), quienes han tratado de ilustrar cómo se producen, realmente, los aprendizajes durante la interacción profesor-alumnos. Estos investigadores conciben a la enseñanza como un proceso comunicativo en el que los interlocutores que participan en el mismo colaboran para la construcción de comprensiones conjuntas.

El objetivo central de su trabajo ha sido estudiar cómo se construye y comparte el conocimiento a través del lenguaje. Para ello, analizaron un total de cuatro lecciones, de alumnos de entre 8 y 10 años, en clases con un número reducido de alumnos y en las que se realizaron muchas actividades diferentes, con muchas discusiones en grupo. Estas clases fueron especialmente diseñadas para el estudio, y se acordó con la profesora el desarrollo de ciertas actividades.

Luego de transcribir las clases observadas y grabadas en video, se procedió a su análisis. Éste implicó desvelar inductivamente algunas de las regularidades presentes en el discurso de los profesores y sus alumnos para desarrollar un muestrario de ejemplos que ilustraran las reglas y recursos educativos normalmente implícitos. Como resultado de su trabajo pudieron identificarse recursos y reglas comunicativas implícitas, y clarificar cómo sirven para alcanzar una comprensión conjunta de los fenómenos. Los recursos lingüísticos que identificaron se organizan en cuatro categorías:

- Recursos dirigidos a la obtención de contribuciones por parte de los alumnos.
- Recursos dirigidos a señalar la información más importante.
- Recursos utilizados para la obtención de información mediante pistas.
- Recursos utilizados para mantener el control sobre los contenidos del conocimiento compartido.

Es importante destacar que, además de los recursos identificados, lo verdaderamente interesante de estos estudios es la posibilidad de comprender el modo en que los profesores, haciendo uso de ellos, llegan a establecer puntos de partida conjuntos con sus alumnos y dan una continuidad a su discurso.

*Comunicación y transmisión del conocimiento durante la interacción.* El trabajo de Jay Lemke (1997) describe el modo en que se comunican las ideas científicas en el aula y trata de comprobar la correspondencia que se establece entre los contenidos desarrollados en las aulas, el lenguaje científico utilizado en los libros de texto y por los profesionales de la ciencia, para poner de relieve la distancia que media entre unos y otros.

La preocupación inicial de J. Lemke se vincula con lo que él mismo ha denominado *Semiótica Social*, esto es, el interés por describir cómo las personas elaboramos y utilizamos los signos que nos permiten construir la vida en una determinada comunidad y dar sentido al mundo que nos rodea.

Para realizar el trabajo, Lemke utilizó las observaciones de 20 profesores del nivel secundario, en 60 clases de ciencias (biología, química, física y ciencias naturales). A diferencia de Edwards y Mercer, las clases que fueron observadas y analizadas eran las que típicamente se llevan a cabo en su país (Gran Bretaña). El procedimiento de análisis comprendió tres pasos diferenciados: cada clase se dividió en *episodios*, según los cambios de tema o los cambios de estructura de actividad producida. En segundo lugar, se analizó cada episodio para identificar las estructuras de la actividad y las acciones, y estrategias usadas por profesores y alumnos. Y por último, cada episodio fue, además, analizado semánticamente para descubrir los temas tratados y las estrategias lingüísticas utilizadas para su desarrollo.

Para este último paso, Lemke utiliza lo que denomina *patrones temáticos*. Éstos incluyen el conjunto de términos/conceptos especiales de lenguaje científico y las relaciones conceptuales que vinculan entre sí esos términos o conceptos. Entre estas últimas, este investigador propone cinco tipos de relaciones básicas: relaciones nominales, relaciones taxonómicas, relaciones de transitividad, relaciones circunstanciales y relaciones lógicas.

Con estos instrumentos, es posible esquematizar las interacciones entre docentes y alumnos con relación al contenido y esto permite entender las diferencias entre los puntos de vista de los participantes, contrastando los *patrones temáticos* desarrollados en el aula. Los recursos reconocidos por Lemke y denominados *estrategias de desarrollo temático*, abarcan desde los recursos para establecer un diálogo con los alumnos, hasta los recursos basados en el monólogo utilizado en la presentación de una determinada información.

El trabajo de Lemke se relaciona estrechamente con el análisis del discurso propuesto por Edwards y Mercer en lo que hace a la identificación de estrategias o recursos comunicativos. Pero incorpora un nuevo elemento que es la consideración de los contenidos que son construidos durante la interacción.

*Actividad e interacción profesor-alumnos.* El trabajo de César Coll y sus colaboradores (por ejemplo, Coll, Colomina, Onrubia y Rochera, 1992 o Coll, Colomina, Onrubia y Rochera, 1995; Coll, 2008), vinculado con actividad e interacción en el aula, se centra en el análisis del tipo de actividades que llevan adelante profesores y alumnos, para tratar de establecer qué conexiones se producen en las interacciones y la regulación de las tareas. En particular, se propuso estudiar la evolución que experimentan las actividades desarrolladas en una unidad didáctica, en lo que respecta al proceso de transferencia del control sobre la ejecución de las tareas, desde el profesor hacia sus alumnos.

La idea de aprendizaje escolar desde la que se parte, supone que es posible explicarlo en términos de un proceso de construcción conjunta de significados y de atribución de sentido.

Los datos fueron obtenidos en situaciones de enseñanza y aprendizaje diversas (desde interacciones madre-hijo a clases universitarias), aunque aquí nos centraremos especialmente en los entornos educativos formales, y se analizaron en tres niveles diferentes:

- Secuencia Didáctica o Secuencia de Actividad Conjunta, que agrupa actividades con un mismo referente temático que sirve de hilo conductor. Es el profesor quien las planifica, determina sus contenidos y las tareas a trabajar así como el tiempo que se les debe dedicar.
- Sesiones, que son unidades de análisis menor, con el estatuto que Wells (2004) le atribuye a la actividad.
- Segmentos de Interactividad o Segmentos de Actividad Conjunta, que se refieren al conjunto de acciones esperadas o esperables, por parte de profesor y alumnos, y vienen determinados por una unidad temática y por un patrón de comportamiento dominante.

La actividad discursiva se analiza a través de los mensajes que enuncian profesores y alumnos durante la actividad, y estos mensajes se entienden como unidades mínimas de expresión. Una vez identificados, se los analiza atendiendo a su contenido referencial.

Una de las contribuciones más interesantes del trabajo de Coll y colaboradores, radica en la peculiaridad de su análisis de la actividad, que permite ver la evolución en los procesos de cesión del control sobre una tarea determinada.

*Tareas específicas e interacción profesor-alumnos.* Esta cuarta línea de investigación es la que desarrollan Sánchez y col. (Sánchez, Rosales, Cañedo y Conde, 1994; Sánchez, Rosales y Suárez, 1999; Sánchez y Leal, 2000; Sánchez y Rosales, 2005). Entre sus contribuciones al estudio de la vida en las aulas, retomamos la que se refiere al estudio del discurso empleado por los profesores en las explicaciones.

El objetivo prioritario fue estudiar las explicaciones de los profesores, es decir, cómo organizan el discurso para hacerse entender por sus alumnos cuando desarrollan algún contenido curricular. Se analizaron también, las diferencias entre profesores expertos y principiantes en los distintos niveles del sistema educativo y las relaciones entre estas *experiencias comunicativas* y las que proporcionan los textos divulgativos.

Se parte de la idea de que la interpretación de un discurso depende de la interacción entre lo que el oyente ya sabe y lo que el discurso proporciona. Se

especifican las operaciones que intervienen en el proceso y las limitaciones de atención y de memoria que pesan en su desarrollo y amenazan su resultado deseable.

Se analizaron más de cien explicaciones de 30 profesores, de los distintos niveles del sistema educativo y de distintas áreas disciplinares. Se distinguieron de antemano tres categorías de profesores: sin experiencia profesional, con experiencia y expertos (esto es, cuando además de experiencia gozan también de reconocimiento profesional). Para analizar los registros de las clases observadas, se siguió una serie de pasos (Sánchez y Rosales, 2005: 159). En primer lugar se procedió a la identificación de los episodios básicos, que habitualmente son la creación de un punto de partida común o lo dado; el desarrollo de ideas que el profesor considera que los alumnos desconocen, es decir lo nuevo; y los momentos dedicados a valorar si eso que se ofreció como nuevo puede darse o no por compartido, esto es, la evaluación. El segundo paso consistió en la descomposición del contenido de cada episodio en proposiciones. Se identificaron las diferencias existentes entre los profesores expertos y los principiantes en el modo de acometer estos tres episodios. Por último, se realizó la interpretación teórica de los recursos como ayudas que facilitan el proceso de construcción del aprendizaje.

El objetivo planteado para este sistema de análisis fue entender lo que los profesores hacen y no tanto valorar su acción educativa a la luz de ciertos principios. Entre los resultados obtenidos, Sánchez y Rosales (2005) seleccionan tres. En primer lugar, la exposición de las ideas nuevas es enormemente redundante. Los profesores experimentados han aprendido a reducir la densidad semántica de su discurso. En segundo lugar, se han identificado los recursos empleados por los docentes (contextualizar, retornar al índice, recapitular), constatando su presencia y el papel que juegan en la explicación considerada como un todo. El profesor intenta no sólo decir lo que sabe de un tema, sino su *conciencia* sobre ese saber. Por esta razón puede recapitular estratégicamente, marcar los cambios de tema o ser redundante en lo que es esencial. En tercer lugar, reconocieron la necesidad de ayudar a pensar con las ideas y no simplemente exponer de forma ordenada un cierto número de ellas. Este tipo de recursos se denominan diafónicos<sup>11</sup>, pues tienen la peculiaridad de que el profesor incorpora en su discurso la voz de quien es su destinatario. Plantean que

---

<sup>11</sup>La diafonía es una forma específica de polifonía, en la que el discurso integra únicamente la voz efectiva o potencial del destinatario en la de quien enuncia el discurso.

una forma de conectarse con el destinatario es hacer transparente, *hablando por él*, la representación que vamos haciéndonos de su mente. Al hacerlo, el discurso integra una *pluralidad de voces*: la de quien habla, evidentemente, y también la voz potencial de quien escucha.

Entre los recursos diafónicos planteados por estos autores, podemos encontrar los que se presentan en la Tabla 1 que se presenta a continuación.

Tabla 2

*Recursos diafónicos*

<b>Recurso</b>	<b>Definición</b>	<b>Función</b>
Evocación	Enunciado que retoma lo que el interlocutor ya sabe respecto a las proposiciones de alto nivel que se van a exponer. Está marcado lingüísticamente.	Facilita la interconexión texto / conocimientos.
Objetivo	Enunciado que expresa lo que el alumno podría estar interesado en conocer atendiendo a lo que ya sabe.	Facilita una actitud colaborativa.
Sentido	Enunciado que hace ver el valor que el alumno podría atribuir a los conocimientos que se le anuncian en el objetivo.	Ayuda a percibir la necesidad de la meta propuesta.
EE	Enunciado que plantea un problema nuevo que obliga a reconsiderar la interpretación que se hubiera alcanzado.	Obliga a interconectar lo que se escucha con lo que ya se sabe. Sirve de modelo sobre cómo crear esa interconexión.
Reflejo	Enunciado que hace explícito una interpretación (precaria) que se pudiera haber producido.	Sirve para objetivar posibles malentendidos o interpretaciones insuficientes.

Tomado de Sánchez, E. 1996. Los textos divulgativos: una conversación encubierta. Análisis de los recursos comunicativos de un texto divulgativo. En *Infancia y Aprendizaje*, 75, 85-96.

Reconociendo el valor de la interacción en el aula para la construcción de conocimiento, centraremos ahora nuestra mirada en el rol del profesor, sujeto de los procesos de enseñanza, caracterizados en el capítulo anterior.

### **2.2.2. La clase como espacio narrativo.**

A continuación se planteará qué es una narración, qué supone, qué la caracteriza, cuál es su valor y sentido, y cómo aporta a una mirada sobre la enseñanza.

### **2.2.2.1. Características de una narración.**

De acuerdo con Bruner (1997, p. 140), una narración supone una secuencia de acontecimientos y la secuencia conlleva el significado. La narración es discurso y su *interés* es resolver lo inesperado, aclarar la duda del oyente, o en cierta manera replantear o explicar el *desequilibrio* que originó el relato de la historia en un primer momento.

Es posible considerar a la narración como una forma de pensar y, al mismo tiempo, como una estructura para organizar el conocimiento. Comprendemos el mundo y nuestra experiencia en narrativas. Podemos recordar mejor los temas si están organizados en estructuras narrativas y no en listas organizadas lógicamente. Las asociaciones afectivas registran el saber más profundamente en nuestra memoria que las asociaciones lógicas. De acuerdo con Egan (1999), “La capacidad de seguir una trama estimula y desarrolla la modalidad narrativa del entendimiento y sus capacidades de comprender y producir sentidos” (p. 44).

Los diferentes elementos que definen una narrativa y la configuran pueden sintetizarse en los siguientes (Gudmundsdottir, 1998, pp. 52-53, 54): la narrativa incluye la estructura, el conocimiento y las habilidades necesarias para construir una historia; las narrativas son relatos de actos que por lo general involucran a seres humanos o animales humanizados; es una historia que tiene personajes, tiene comienzo, desarrollo y fin; se unifica por medio de una serie de eventos organizados que, en su conjunto, se denominan trama o argumento. La narrativa está constituida por una serie de actos verbales, simbólicos o conductuales que se hilvanan con el propósito de *contarle a alguien que ha sucedido algo*.

### **2.2.2.2. El valor de la narrativa.**

En las últimas décadas se ha reconocido con mayor intensidad, en las Ciencias Sociales y Humanas, que el conocimiento y el pensamiento social están caracterizados por un tipo distintivo de narrativa. Los psicólogos interesados en narrativas insisten en que la psicología humana puede ser totalmente desarrollada a partir de historias y que es la herramienta más importante para integrar la experiencia práctica en la vida y crear coherencia (László, 2008).

Las razones para destacar el valor de la narrativa y sus diferentes usos nos permiten reconocer las distintas posibilidades que implica la perspectiva narrativa en la enseñanza. Entre ellas podemos mencionar: la posibilidad de desarrollo de las aptitudes narrativas del entendimiento, su facilidad para emplear metáforas, la integración que posibilita entre lo cognitivo y lo afectivo, su virtualidad explicativa y de atribución de un sentido, y su capacidad de poner en juego la imaginación. Todas ellas tienen importancia educativa porque son las aptitudes fundamentales para desarrollar la aptitud general de comprender la experiencia. Ningún suceso, ni ningún comportamiento tiene significado por sí si no es en el marco de una narrativa (Egan, 1999).

La narrativa facilita el acceso al conocimiento, posibilita compartir y comprender las experiencias propias y ajenas, nos abre a otros mundos posibles:

... sabemos que la narrativa en todas sus formas es una dialéctica entre lo que se esperaba y lo que sucedió. Para que exista un relato hace falta que suceda algo imprevisto; de otro modo «no hay historia». El relato es sumamente sensible a aquello que desafía nuestra concepción de lo canónico. Es un instrumento no tanto para resolver los problemas cuanto para encontrarlos. El tipo de un relato lo marca tanto la situación descrita como su resolución. Contamos para prevenir con mucha más frecuencia, que para instruir. (Bruner, 2003, pp.31-32)

Estas perspectivas nos permiten plantearnos el valor de la narrativa en distintos sentidos: el uso de la narrativa *para* investigar y reflexionar sobre la práctica docente, la incorporación de narrativas *en* la enseñanza y la clase *como* narrativa.

### **2.2.2.3. La clase como narrativa.**

Pensar la clase como espacio narrativo supone, no tanto la incorporación de relatos en la enseñanza o para la enseñanza, sino considerar cómo la clase misma adquiere este formato. La enseñanza puede asumir esta configuración, posibilitando que la exposición didáctica incluya todos los elementos que caracterizan a una narración.

Desde la perspectiva de Edith Litwin (2008, p. 78), los docentes expertos son aquellos capaces de transformar un currículum estructurado lógicamente en narraciones que permiten dotar de sentido a una disciplina. No se trata de contar cuentos en clase, sino de entender que para dotar de sentido las explicaciones

acerca de la ciencia y de la cultura es necesario recuperar el sentido narrativo de los diferentes temas.

Si en vez de ver la matemática y la ciencia como unos conjuntos de conocimientos y de técnicas de carácter incorpóreo las vemos como invenciones y descubrimientos de unas personas concretas, como productos de sus esperanzas y sus desilusiones, de sus luchas y sus problemas, podremos devolver estas materias a su contexto humano adecuado, donde inicialmente tenían un significado afectivo además del puramente cognitivo. Y este significado afectivo puede marcar el camino hacia el significado más puramente cognitivo que tiende a ser el interés principal en la mayoría de las aulas hoy. (Egan, 2000, p. 98)

Son muchos los autores que plantean esta perspectiva de la enseñanza como narrativa: aún cuando la materia en sí misma no sea una historia, la lección contiene normalmente un gran número de segmentos narrativos (Connelly y Clandinin, 1995; Cubero e Ignacio, 2011; Egan, 2000). Es sin dudas esta posibilidad la que permite reconocer, en algunas clases, la relación entre los objetos, los contextos en que se dan estas relaciones, la acción en la que están involucrados, sean personas o átomos (sin que esto implique humanizar los objetos), generando expectativas y la posibilidad de mejores comprensiones disciplinares (Egan, 2008, pp. 40-41). Un modelo de enseñanza fundado en la fuerza de la narración asegura el planteamiento de un conflicto o un sentido de tensión dramática al principio de las clases o unidades. De este modo, se crea una expectativa que se satisface al final.

### **2.2.3. La clase como espacio para el Diálogo.**

El diálogo es un medio fundamental para el aprendizaje. A continuación presentamos una perspectiva sobre el diálogo y sobre el aprendizaje dialógico, diferentes tipos de diálogo y una de las movidas<sup>12</sup> dialógicas centrales que son las preguntas.

#### **2.3.4.1. Diálogo y aprendizaje dialógico.**

Se ha producido un *giro dialógico* en las sociedades y en las ciencias sociales. Científicos de diferentes culturas y disciplinas (sociología y antropología,

---

<sup>12</sup>Las movidas son acciones, elecciones o gestos particulares en el seno de una actividad. Si resultan prototípicas es porque una experiencia repetida ha mostrado que son útiles dentro de la regla (principio constitutivo que ayuda a definir y a gobernar una actividad, sin el cual no habría tal actividad, sino otra cosa). No son constitutivas de una actividad. Son artefactos propios de la convención y de la tradición.

educación, psicología, filosofía, economía, etc.), han insistido en la naturaleza comunicativa y dialógica de nuestra sociedad, y la han vinculado a nuestro desarrollo como personas y colectivos en el mundo.

En este marco es valioso recuperar la perspectiva de Paulo Freire (1997) para quien la relación dialógica, comunicación e intercomunicación entre sujetos, es indispensable al conocimiento. Esta afirmación da cuenta de una necesidad, que se concreta en las clases de diferentes maneras cuando hablamos de buenas prácticas. Muchas veces el diálogo se realiza entre el docente y la teoría que enseña, entre posturas diversas o entre el docente y sus alumnos.

Es necesario destacar, además, que no hay diálogo verdadero si no existe en los sujetos un pensar verdadero y, en esta relación dialéctica, sólo el diálogo, que implica el pensar crítico, es capaz de generarlo. Sin él no hay comunicación, y sin ésta no hay verdadera educación.

Entre las características del diálogo pueden señalarse (Burbules, 1999, p. 31):

- Incluye a dos o más interlocutores.
- Se caracteriza por un clima de participación abierta.
- Los interlocutores producen enunciados de duración variable (preguntas, respuestas, reorientaciones o construcciones), en una secuencia continua y evolutiva.
- Se guía por un espíritu de descubrimiento, de modo tal que su tono característico es exploratorio e interrogativo.
- Supone un compromiso con el proceso mismo de intercambio comunicativo, una disposición para llegar a entendimientos o acuerdos significativos entre los participantes: un interés, respeto y cuidado de cada uno hacia los demás.

El concepto de aprendizaje dialógico (García, 2009, pp. 80-81) se plantea como un marco general para la enseñanza y enriquece su mirada sobre ésta. Se lo concibe como el producto de procesos de creación de significados, fruto de interacciones que se proponen alcanzar mejores aprendizajes. El conocimiento se construye y reconstruye a través de un diálogo que procura la mayor comprensión y acuerdo posibles en relación con algún aspecto de la realidad, a los contenidos de aprendizaje que se enseñan y sobre la institución educativa en sí misma.

Quienes desarrollaron la perspectiva del aprendizaje dialógico, definieron siete principios que lo guían (García, 2009). Ellos son:

- El *diálogo igualitario*, que se da entre diferentes personas cuyas aportaciones se valoran por la validez de los argumentos y no en función de las relaciones de poder o jerarquías sociales establecidas.

- La *inteligencia cultural*, que incluye la inteligencia académica y la práctica, así como la inteligencia comunicativa que permite llegar a acuerdos a través del lenguaje en diferentes ámbitos sociales.

- La *transformación* del contexto y de las vidas de las personas que participan en el aprendizaje.

- La *dimensión instrumental*, que potencia la adquisición de las herramientas fundamentales para un buen aprendizaje que posibilite vivir en la actual sociedad, sin por eso oponerse al diálogo y a una educación democrática.

- La *creación de sentido*, que significa posibilitar un tipo de aprendizaje que parte de la interacción y de las demandas y necesidades de las propias personas, siendo éstas las que guíen su proceso de aprendizaje.

- La *solidaridad*, como base de las relaciones del aprendizaje en la que se han de basar las prácticas educativas democráticas, que tienen como objetivo la superación del fracaso escolar y la exclusión social que comporta.

- La *igualdad de diferencias*, es decir, valorar la diversidad de personas como un elemento de riqueza cultural, identificando la diferencia como positiva, pero siempre junto con el valor de la igualdad.

Estos principios se recrean en la enseñanza universitaria, donde los supuestos que articulan las relaciones de aprendizaje son otros. Sin embargo, nos dan criterios para pensar en la buena enseñanza en términos éticos.

#### **2.3.4.2. Tipos de diálogo.**

En las últimas décadas se ha desarrollado una serie de estudios sobre el diálogo en la enseñanza. Desde la perspectiva de Jay Lemke (1997), existen algunas estructuras de actividad en las clases, como el diálogo y el monólogo, que pueden cumplir muchas funciones diferentes. Además del diálogo triádico (que supone un patrón de al menos tres partes: pregunta-respuesta-evaluación y se conoce también como secuencia IRE), pueden reconocerse dentro de la primera estructura de actividad mencionada, diferentes tipos de diálogo en la enseñanza:

- Diálogo de texto externo: un texto escrito sustituye la voz del participante real y desempeña una de las partes del dentro de la estructura de actividad de diálogo triádico.
- Debate profesor-alumno: los alumnos toman la iniciativa objetando algo que el profesor ha dicho. Alumnos y profesores comparten el control de la dirección del diálogo y compiten por el control temático.
- Diálogo de cuestionamiento de alumno: no es el profesor sino los alumnos los que hacen las preguntas, toman la iniciativa y eligen los temas del diálogo.
- Diálogo a dúo profesor-alumnos: se refiere a los largos intercambios uno-a-uno que a veces suceden en clase.
- Diálogo verdadero: ocurre cuando los profesores hacen preguntas para las cuales no saben la *respuesta correcta*.
- Discusión cruzada: es un diálogo entre alumnos donde el profesor tiene únicamente el papel de moderador o quizá una posición igual a la de los alumnos.

Estas estructuras se ponen en juego en las clases cumpliendo diferentes funciones, no siempre intencionalmente definidas por los docentes.

Desde otra perspectiva, hace ya casi 20 años, Burbules (1999, p. 180) planteó el diálogo como forma de comunicación pedagógica, diferenciando cuatro tipos de diálogo que tienen características y propósitos muy diferentes. Un buen docente es el que conoce esas diferentes formas y sus características específicas y puede elegir con inteligencia entre ellas en función de los estudiantes, los contextos comunicativos y el propósito de temáticas específicas.

Para construir los cuatro tipos de diálogo, Burbules (1999) utiliza dos dimensiones de análisis: la relación con el conocimiento y la relación con el interlocutor. Respecto a la primera, se distinguen dos visiones del conocimiento: una convergente, en la que las diversas posiciones de los interlocutores pueden resolverse, al menos en principio, en un acuerdo general en torno a la respuesta correcta; y otra divergente, donde cada enunciado es irremediamente plural. Con respecto al interlocutor, se plantean dos orientaciones: una incluyente, en la que se asigna por lo menos una verosimilitud provisional a lo que el interlocutor dice por el simple hecho de que lo afirma; y otra crítica, que es una actitud más escéptica y cuestionadora, en la que se pone el acento en un juicio acerca de la

exactitud objetiva de la posición del interlocutor, y en la que no se vacila en ponerla a prueba según la evidencia, la coherencia y la lógica.

En la Tabla 2, se presentan los cuatro tipos de diálogo que surgen de la combinación de las distintas categorías de las dos dimensiones de análisis mencionadas previamente.

Tabla 3

*Los cuatro tipos de diálogo*

<b>Relación con el conocimiento</b>	<b>Actitud frente al interlocutor</b>	<b>Tipo de diálogo</b>
Divergente	Inclusivo	Conversación
Convergente	Inclusivo	Indagación
Divergente	Crítico	Debate
Convergente	Crítico	Enseñanza

Desde los estudios desarrollados por la lingüista Anna Cros (2002, 2003), uno de los rasgos centrales del discurso docente es su carácter “dialógico”: igual que cualquier otro discurso académico es el resultado de la elaboración y la transformación de una serie de discursos de referencia, constituyentes, que contienen la producción del conocimiento y se fundamentan en la autoridad de la institución. Mantiene por tanto, una relación de intertextualidad con otros discursos que constituyen la fuente de esta producción.

Una de las características más significativas que puede asumir el discurso del docente, es la “polifonía enunciativa”. Este concepto hace referencia a la superposición de distintas voces que pueden detectarse en los enunciados. Entre los casos de desdoblamiento de voces más evidente, se encuentran el “discurso citado”, y el uso de formas pasivas y condicionales. Una forma específica de polifonía es la diafonía, en la que el discurso integra únicamente la voz efectiva o potencial del destinatario en la de quien enuncia el discurso.

En segundo lugar, el discurso de la clase se puede considerar dialógico porque se elabora con el objetivo de adecuarse a un destinatario menos experto que el docente a cargo de la materia, por lo tanto, independientemente de que se trate de un discurso monologado o dialogado, es dialógico en el sentido de

que tiene en cuenta al destinatario, definido por su edad, por el nivel de sus conocimientos, por sus intereses, etc. y procura adaptarse a sus exigencias (Cros, 2002). De acuerdo con esta autora, entre los recursos que utilizan con más frecuencia los docentes se pueden mencionar: la presuposición de conocimientos, la interacción entre los participantes (discurso dialogado).

Según plantean Sánchez y Leal (2000), una forma de conectar con un destinatario ausente es hacer transparente la representación que vamos haciéndonos de su mente (hablando por él). Al hacerlo, el discurso se vuelve polifónico, en el sentido de que integra una «pluralidad de voces: la de quien habla, evidentemente, y también la voz potencial de quien escucha (Bajtin, 1977; Wertsch, 1991). Se entiende que voz significa aquí «personalidad o conciencia hablante». Esta expresión «pluralidad de voces» está integrada en un entramado de conceptos asociados a la obra de Vygotski y Bajtin.

### **2.3.4.3. Las preguntas.**

Una de los elementos centrales en el marco del diálogo (Burbules, 1999) son las preguntas y éstas tienen un valor fundamental en la enseñanza.

La escuela es el único lugar en el cual quien sabe algo interroga a quien sabe menos que él (Astolfi, 1997). En la escuela es el experto el que interroga al novato. Los alumnos se dan cuenta de que el maestro no está tratando de informarse por medio de ellos. Al contrario, desde la primera pregunta, perciben que el asunto es evaluarlos a ellos. Es necesario decir que la acumulación de preguntas con sus respuestas, más adivinadas que elaboradas, constituye un obstáculo para el verdadero aprendizaje.

Hecha esta salvedad es necesario señalar que existen numerosas tipologías y clasificaciones de las preguntas que nos permiten reconocer diferentes tipos de interacción en las clases (Burbules, 1999; Litwin, 2008; Castellà y otros, 2007):

Tabla 4  
*Tipologías de preguntas*

De acuerdo al nivel de pensamiento que intentan estimular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas sencillas: requieren respuestas breves, casi siempre únicas, informaciones precisas.</li> <li>• Preguntas de comprensión: se proponen estimular el procesamiento de las informaciones.</li> <li>• Preguntas de orden cognitivo superior: demandan respuestas que exigen interpretar, predecir, evaluar críticamente.</li> <li>• Preguntas metacognitivas: se proponen ayudar a</li> </ul>
---	--

	los alumnos a reflexionar sobre su modo de aprender y de pensar.
De acuerdo al nivel de complejidad que representan para los alumnos (estrechamente relacionadas con la tipología anterior)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas simples: se dirigen a la opinión.</li> <li>• Preguntas que remiten a la diferenciación o análisis, aluden a una reflexión inteligente en torno a causas, consecuencias, relaciones, orden y prioridades, hipótesis y posibles soluciones.</li> <li>• Preguntas dirigidas a la evaluación que realizan los estudiantes para juzgar la mejor solución, el camino más eficaz, etc.</li> <li>• Preguntas dirigidas a provocar abstracciones o teorizaciones.</li> </ul>
De acuerdo al grado de libertad y variedad de respuestas que permiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas de aplicación del pensamiento convergente: se dirigen a una única respuesta.</li> <li>• Preguntas de aplicación del pensamiento divergente: buscan una variedad de respuestas.</li> </ul>
De acuerdo a qué propósitos sirve a quienes se les hacen: preguntas para los siguientes fines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fijar un propósito.</li> <li>• Guiar el proceso cognitivo.</li> <li>• Recuperar un conocimiento previo.</li> <li>• Centrar la atención.</li> <li>• Promover el seguimiento cognitivo.</li> </ul>
De acuerdo a su forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas cerradas: útiles para verificar un acuerdo o como recurso retórico.</li> <li>• Preguntas retóricas: son contestadas por el propio hablante o no se responden.</li> <li>• Preguntas de elicitación: requieren la cooperación de los alumnos para presentar parte del contenido científico.</li> <li>• Preguntas reactivas: se formulan a raíz de una respuesta incorrecta o incompleta; se formulan para comprobar la solidez de los conocimientos previos.</li> <li>• Preguntas abiertas: contribuyen al desarrollo del pensamiento.</li> </ul>
De acuerdo al momento de la clase en que se formulan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas iniciales: deberían aludir al campo de trabajo en cuestión, ubicando al nuevo tema en un plano general.</li> <li>• Preguntas durante el desarrollo: permiten conectar lo nuevo con lo que ya se sabe.</li> <li>• Preguntas finales: pueden favorecer procesos de síntesis o conclusiones o anticipar el próximo tema.</li> </ul>
De acuerdo a su sentido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas aparentes: delimitan artificialmente lo que puede valer como una respuesta satisfactoria.</li> <li>• Preguntas auténticas: quedan fundamentalmente abiertas dado que las respuestas no están establecidas.</li> </ul>

La pregunta *fluidifica el objeto* y el arte de preguntar es el de ser capaz de seguir haciendo preguntas, es decir, el arte de pensar (Gadamer, 1982, p. 330). Sin embargo, no es sencillo formular preguntas valiosas. El principal desafío, cuando se formulan preguntas en la enseñanza es, desde la perspectiva de

Burbules (1999), hacerlo de modo tal que no sean tan amplias que *floten*, ni tan estrechas que restrinjan las posibilidades de dar lugar a ideas originales y creadoras (Burbules, 1999).

#### **2.3.4.4. El humor**

En una investigación llevada a cabo por S. Kanovich (2008) sobre el uso del humor en la enseñanza universitaria, se describen las razones que los docentes plantean para usar el humor en las clases, las modalidades utilizadas y se presentan las categorías construidas a partir del análisis realizado por la investigadora. Este autor destaca entre los propósitos del uso del humor la ruptura de la rigidez de las formas habituales de conversación en el aula, permitiéndose de esta manera la creación de un contexto de intercambios más distendido que favorezca la conversación entre todos los participantes, la motivación hacia la asignatura, y la creación de experiencias que fomenten la significatividad, el pensamiento crítico y el recuerdo de lo que se trabaja. El humor, así, conecta las destrezas intelectuales con las emociones y hace asequible la tarea docente. En la tabla 5 se muestran las ideas fundamentales de su trabajo.

Tabla 5

*El uso del humor en la enseñanza universitaria*

<b>Propósitos</b>	<b>Modalidades</b>	<b>Categorías</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Romper rigidez de la clase</li> <li>- Crear ambiente distendido, amable, de confianza</li> <li>- Favorecer comunicación</li> <li>- Sobrellevar o combatir estrés, tristeza o enfermedad</li> <li>- Entretenerse el docente</li> <li>- Permeabilizar al alumno</li> <li>- Hacer gustar la asignatura</li> <li>- Ayuda-memoria</li> <li>- Despertar al alumno</li> <li>- Desarrollar el pensamiento crítico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comentarios ocasionales</li> <li>- Dramatizar, Imitar</li> <li>- Realizar Juegos</li> <li>- Aportar chistes, videos graciosos</li> <li>- Utilizar metáforas y analogías que causan gracia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El humor como condimento didáctico.</li> <li>- El humor que humaniza.</li> <li>- El humor sintonizador de lo intelectual y lo emocional.</li> <li>- El humor detonador del pensamiento crítico.</li> </ul>

Tabla construida a partir de Kanovich, S. (2008) El uso del humor en la enseñanza universitaria. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 15 (2), 71-90.

En diversas investigaciones (muchas de ellas vinculadas con el ámbito de la salud), se ha planteado el valor de un clima de aprendizaje adecuado, entendiendo por clima al conjunto de actitudes predominantes, normas, o condiciones del entorno educativo. Según plantean Skeff et al (1988), un ambiente de enseñanza está determinado por el deseo del alumno de estar

presente y, es la creación de un ambiente para fomentar el aprendizaje, una de las tareas más importantes de la enseñanza. Según las investigaciones en el campo (Skeff, 1988; Lucas, Benedek, Pangaro, 1993; Williams y otros, 1994; Dyrbye, Thomas, Harper y otros, 2009; Kronke, Omori, Landry y otros, 1997), esto es importante porque el clima de aprendizaje es un predictor significativo de los logros del estudiante y porque, entre otros elementos, la atmósfera de seguridad y cuidado que promueva el docente, favorece los procesos de aprendizaje.

#### **2.2.4. La clase como espacio donde se construye con metáforas y analogías.**

La inclusión de metáforas y analogías en la enseñanza de las ciencias (o de un lenguaje metafórico y analógico) ha resultado de mucho valor para la comprensión de conceptos y teorías, y para la construcción de nuevas miradas sobre el mundo.

Desde las perspectivas que plantean cómo las metáforas forman parte de la vida cotidiana hasta el trabajo específico con este tipo de recursos en las clases, es posible recuperar aportes valiosos para analizar la enseñanza universitaria. La esencia de la metáfora es la posibilidad de entender y experimentar un tipo de cosas en términos de otra. Dicho de otro modo, “es el nombre que le damos a nuestra capacidad de usar los mecanismos perceptivos para construir inferencias abstractas” (Massarini, 2011, p. 124). Y esta concepción supone no sólo entender la metáfora como una cuestión del lenguaje, sino como una cuestión cognitiva. Los procesos del pensamiento humano son en gran medida metafóricos (Lakoff y Johnson, 1995).

Entre los tipos básicos de estructuras metafóricas se reconocen tres principales: las metáforas orientacionales, que organizan un sistema global de conceptos con relación a otro sistema, las metáforas ontológicas, que categorizan un fenómeno de forma peculiar mediante su asignación analógica a una entidad, sustancia, un recipiente, etc., y las metáforas estructurales, en las que una experiencia o un sistema se estructura parte a parte en términos de otro (Lakoff y Johnson, 1995).

Una analogía, por su parte, es entendida con frecuencia como una comparación basada en semejanzas entre estructuras de dos dominios de conocimiento diferentes, uno conocido y otro desconocido, que mantienen una cierta relación de semejanza entre sí.

Desde un punto de vista educativo, ambas sirven para ayudar a comprender una determinada noción o fenómeno, a través de las relaciones que establece con un sistema *análogo*, y que resulta para el alumno más conocido y familiar (Fagúndez y Pérez, 2011).

En los últimos tiempos, se han realizado estudios que abordan aspectos relacionados con qué analogías se utilizan, cómo se suelen emplear y qué rasgos didácticos comparten aquellas analogías que parecen obtener cierto éxito con respecto a aquellas que no lo obtienen. Estos estudios de corte más cualitativo permiten ofrecer una visión crítica sobre algunas formas de usar las analogías, y delimitar algunas dificultades y limitaciones relacionadas con su uso (Dagher, 1995; Oliva y otros, 2001; Kapon y di Sessa, 2012).

Algunos de los aportes que estos estudios hacen, hacen referencia a los modos en que los docentes humanizan la ciencia a partir del uso de analogías y metáforas. Crean analogías para clarificar una idea, desarrollar un concepto o comunicar un concepto (Dagher, 1995). Otros estudios ligan las analogías al desarrollo de modelos mentales: cualquier modelo mental que se construye a partir de modelos científicos que se enseñan en la escuela, tienen un componente analógico muy importante (Oliva y otros, 2001).

A partir de los numerosos estudios se reconocen una serie de problemas a considerar y se construyen una serie de criterios para la inclusión de analogías en la enseñanza. Entre los problemas se encuentran: el análogo no es suficientemente familiar o es más complejo aún que el blanco, la analogía se presenta como algo acabado que debe resultar evidente y convincente para los alumnos, el aprendizaje de la analogía se concibe como un fin en sí mismo.

Del reconocimiento de estas problemáticas surgen criterios para la selección de analogía, entre ellos: el análogo debe ser más accesible que el objeto, la analogía debe ser concreta, susceptible de presentarse con una imagen, por ejemplo; el análogo debe simplificarse en lo posible; la semejanza entre los fenómenos que se comparan no debe ser ni demasiado grande ni demasiado pequeña, se debe evitar el uso de análogos en los que los alumnos dispongan de concepciones alternativas o presenten actitudes poco favorables (Oliva y otros, 2001).

En todos los casos, dado que se plantea el anclaje en saberes previos, es necesario considerar cuáles son los que los alumnos poseen y cuáles son los puentes o explicitaciones que es necesario realizar para aprovechar la potencialidad de las metáforas y las analogías, y para mostrar sus límites.

Desde la perspectiva constructivista, es importante señalar que, para favorecer la construcción del conocimiento, la analogía no debe plantearse como un producto prefabricado que debe ser aprendido, sino como un proceso en el que los alumnos pueden aportar sus opiniones, tomar decisiones y contribuir abiertamente en su construcción. Para ello se plantean actividades de génesis o construcción de la analogía, actividades orientadas a fomentar la metacognición a través de la analogía construida, actividades de aplicación de la analogía para la formulación de hipótesis o resolución de problemas.

Dentro de la perspectiva antes mencionada se plantean también dos señalamientos importantes para abordar una de las problemáticas centrales como es el aprendizaje de la analogía como si constituyese un objeto de enseñanza en sí mismo: debe existir una intencionalidad explícita por parte del docente de llegar a construir un modelo con sus alumnos, más allá de la analogía concreta que se está empleando, y por otra parte, es necesario que la misma analogía sea empleada en distintos momentos de la construcción del modelo.

### **2.2.5. La clase como espacio para enseñar y aprender ciencia.**

Siempre la enseñanza es acerca de algún objeto y ese objeto varía de acuerdo al nivel educativo, a la materia de que se trate, etc. En la universidad y en particular en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, se enseña "ciencia". Este concepto como sabemos es muy amplio e incluye no sólo saberes conceptuales sino también la resolución de problemas, los niveles epistémico y de investigación, al decir de David Perkins (1995). Enseñar ciencia supone favorecer la adquisición de un lenguaje específico, la comprensión de paradigmas, programas de investigación, tradiciones, abrir camino para la inclusión en una comunidad, ser parte de una *tribu* (Becher, 2001).

Existen diversos modos de entender estos distintos aspectos, y muchos de ellos forman parte de creencias y teorías implícitas de los propios docentes que en su mayoría no tienen formación ni reflexión epistemológica sobre su propio quehacer como investigadores. Pensar en la enseñanza de las ciencias en la

universidad, en la que se espera que los alumnos avancen hacia los niveles más altos de comprensión y sean capaces también de generar conocimiento en sus disciplinas, requiere un abordaje amplio para intentar comprender cómo se configuran las clases para favorecer el aprendizaje.

Tal como plantea Adúriz Bravo (2010), los profesores de ciencias deberían ser capaces de definir y explicitar su posición epistemológica, es decir, deberían poder plantear cuál es el estatus de validez del conocimiento científico, de qué métodos se valen las ciencias para trabajar, cuáles son las características centrales de la explicación científica, cómo evoluciona el conocimiento científico a lo largo del tiempo, o cuáles son las relaciones de la ciencia con la sociedad y la cultura de su época.

En este sentido, plantearemos algunos aspectos vinculados a las *concepciones de ciencia y al método científico*, que se ponen en juego en las clases y la utilización que se plantea en la actualidad de la historia de la ciencia. En los siguientes apartados, abordaremos otras aristas de la temática, revisando la *ciencia como lenguaje*, la *explicación en la ciencia* y en la enseñanza, y las relaciones entre ambas.

#### **2.2.5.1. Qué ciencia.**

Cuando decimos enseñar ciencia, es necesario que consideremos qué entendemos por ella y, en particular, que consideremos los cambios en las Ciencias Físicas que son el objeto de enseñanza de las clases observadas.

Se ha modificado la perspectiva que consideraba a la ciencia como un conjunto organizado y validado de conocimientos que explican cómo es el mundo en que vivimos, a considerarla como un tipo de actividad humana que, por tanto, es compleja y difícil de describir.

Tal cómo planteáramos en un trabajo anterior (Eder y Adúriz Bravo, 2001), hoy, las nuevas visiones acerca del conocimiento científico caracterizan de manera diferente esta problemática. Para algunos (Brown, 1988), por ejemplo, lo que constituye el nervio de la ciencia es la investigación en curso. La ciencia consiste en una serie de proyectos de investigación a los que subyacen ciertas ideas aceptadas que determinan qué observaciones hacer, cómo se han de interpretar, qué fenómenos son problemáticos y cómo deben tratarse estos

problemas. Cuando cambian las presuposiciones de una disciplina, se transforma también la estructura de esa disciplina y la imagen de la realidad del científico.

Para otros epistemólogos (Laudan, 1986) no hay una diferencia fundamental entre la ciencia y otras formas de indagación intelectual. Las disciplinas científicas son, generalmente, más progresivas que las no científicas. En este sentido, las diferencias resultan ser de grado más que de tipo de conocimiento.

Una tercera perspectiva (Luffiego et al, 1994) es la de la complejidad y considera que las ciencias de la naturaleza se han liberado de una concepción estrecha de la realidad objetiva. Están ahora abiertas a lo imprevisto. La nueva ciencia pone en marcha una nueva metodología transdisciplinar que, sin negar las particularidades de las distintas disciplinas, establece un diálogo entre las mismas y aborda las problemáticas con criterios metodológicos holísticos e integradores.

Una última perspectiva que queremos considerar aquí, es el modelo cognitivo de ciencia de R. N. Giere, que destaca que la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva como el aprendizaje y por tanto para hacer ciencia es necesario actuar con una meta (interpretar el mundo, darle significado para poder intervenir en él), utilizando la capacidad humana de representarse mentalmente lo que se está haciendo y de emitir juicios sobre sus resultados.

Hablar de Ciencias Físicas en la actualidad, por otra parte, requiere que hagamos mención especial a la llamada *teoría del caos*, a los principios de indeterminación y de incertidumbre. A principios del siglo XIX, el mecanicismo basado en una interpretación radical del determinismo newtoniano inició un período de apoteosis y se asentó la opinión dominante según la cual, en el universo ocurría lo que se debía al desarrollo inexorable de la causalidad férrea, de modo tal que en cada momento la situación era la única posible y daba paso, a su vez, a otra única siguiente (Fernández Rañada, 1990).

La visión determinista se modificó con la enunciación del *principio de incertidumbre*, por el físico Werner Heisenberg, como ramificación de sus trabajos en mecánica cuántica.

Como los sistemas dinámicos tienen, a la vez, comportamientos regulares y caóticos, la nueva visión que emerge hoy es la de un

mundo probabilista, en la que se imbrican y entreveran cadenas causales deterministas que terminan cuando se destruye totalmente la cantidad de información sobre el estado inicial. (...) De este modo, orden y caos, determinismo y probabilidades se juntan y complementan en un mundo que resulta así más complejo y rico que la visión fría del mecanicismo y cuyo comportamiento se sigue de la acción íntimamente ligada de azar y necesidad... (Fernández Rañada, 1990, p. 8)

Esta nueva perspectiva tiene incidencia no sólo en las Ciencias Naturales, sino también en las Ciencias Sociales, razón por la cual tiene para nosotros una importancia fundamental para pensar no sólo la enseñanza de las ciencias, sino la construcción de la Didáctica como Ciencia Social. Los objetos de conocimiento se han complejizado, se hacen necesarios abordajes multirreferenciales, interdisciplinarios (Edelstein, 2011). La visión de autores como Jaques Ardoino (1980, 2005), se opone a las nociones de evidencia y linealidad propias de la racionalidad positivista y asume la necesidad de un abordaje que plantee múltiples miradas, que suponga la “re-interrogación” de los mismos datos bajo muchos ángulos, dando lugar a la construcción de una “inteligencia dialéctica” que posibilite el conocimiento de la realidad. La Didáctica reconoce hoy estos cambios y requiere de este abordaje.

En esta misma línea, el reconocimiento de la complejidad y del principio de incertidumbre, plantean la necesidad de indagar qué incidencia tiene esta nueva perspectiva epistemológica en la enseñanza de las Ciencias Naturales en la universidad, no sólo en lo que se refiere a su lugar como contenido de enseñanza, sino como *lógica* estructurante de las prácticas de la enseñanza, cómo forma de pensar las estrategias en las clases.

#### **2.2.5.2. Qué concepción de ciencia.**

Numerosas investigaciones muestran que los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento y el trabajo científico, muy diferente a los aportes de la nueva epistemología de la ciencia. Gil Pérez (1993) reúne algunas de las *concepciones erróneas* sobre el trabajo científico que pueden ser transmitidas, explícita o implícitamente, por la enseñanza de las ciencias. En la Tabla 4 se presentan las distintas concepciones que van desde una visión más empirista, que desconoce el valor de la teoría en la observación y el diseño de

experimentos, hasta visiones individualistas que desconocen el lugar del trabajo colectivo, o visiones descontextualizadas, en las que se concibe a la ciencia como socialmente neutra.

Tabla 6

*Visiones de los docentes acerca de la ciencia*

<b>Visión</b>	<b>Descripción</b>
Empirista y ateorica	A nivel "verbal" se destaca el papel de la observación y de la experimentación «neutras», olvidando el papel esencial de las hipótesis y de la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos.
Rígida	Se presenta el «método científico» como conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Se resalta lo que supone tratamiento cuantitativo, control rigurosos, etc., olvidando -o incluso rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda...
Aproblemática, ahistórica	Se transmiten conocimientos ya elaborados. No se muestran cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, las limitaciones del conocimiento actual o las perspectivas abiertas.
Exclusivamente analítica	Resalta la necesaria parcialización de los estudios, pero se olvida de los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios
Acumulativa, lineal	Los conocimientos aparecen como fruto de un crecimiento lineal. Se ignora la discontinuidad radical entre el conocimiento entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario.
«Sentido común»	Los conocimientos se presentan como claros, obvios, olvidando que la construcción científica parte del cuestionamiento sistemático de lo obvio.
«Velada», elitista	Se esconde la significación de los conocimientos tras el aparato matemático. No se hace un esfuerzo por hacer la ciencia accesible.
Individualista	Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo.
Descontextualizada	Socialmente neutra.

Tomada del Cuadro III. Algunas concepciones erróneas sobre el trabajo científico que pueden ser transmitidas, explícitamente o implícitamente, por la enseñanza de las ciencias. En Gil Pérez, D. (1993) Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. En *Enseñanza de las Ciencias*. 11 (2).

En otras investigaciones (Perales y Cañal, 2000) surgen como concepciones de los docentes, mayormente, las que se corresponden con las tendencias básicas en la filosofía de la ciencia: inductivismo, hipotético-deductivismo, contextualismo y relativismo. Y una nueva categoría que se denominó eclecticismo.

Las posiciones pueden sintetizarse en tres grandes puntos de vista sobre la ciencia: una posición inductivista sobre la metodología de la ciencia, junto con la

tendencia a ser racionalistas en la diferenciación de lo que es y lo que no es ciencia, y relativistas respecto de estatus del conocimiento científico; un punto de vista que asocia el contextualismo metodológico con una postura racionalista indecisa respecto del status del conocimiento científico; y, por último, una posición ecléctica que incluye concepciones diferentes respecto de todos los aspectos estudiados.

Es importante señalar que los profesores universitarios que son protagonistas del proceso de hacer ciencia, pueden “mostrar” visiones diferentes de las que subyacen a las prácticas de otros docentes de ciencias que no trabajan en investigación (Gil Pérez, 1993).

### **2.2.5.3. Qué concepción de método científico.**

Muchos autores sostienen que lo que caracteriza al discurso científico es su recurso a un método propio, el llamado método científico. De modo forzosamente idealizado, suele reducirse a las siguientes fases (Pozo, 1994):

- Observación de la naturaleza y planteamiento del problema. El trabajo científico surge cuando se toma conciencia de que se desconoce algo que se necesita explicar y, esta necesidad se origina por motivos teóricos, académicos, tecnológicos, económicos, políticos, etc.

- Formulación de hipótesis. Se formulan basándose en las leyes y modelos aceptados por la comunidad científica, y se elabora un plan para someter a prueba la validez de dichas hipótesis.

- Diseño de experimentos y ejecución de los mismos. Se aíslan y controlan las posibles variables intervinientes, creando condiciones idealizadas, en el laboratorio, que permitan una réplica exacta de las condiciones experimentales por otros investigadores. Se realizan mediciones lo más precisas posible de los resultados obtenidos para incrementar la objetividad de los mismos.

- Contrastación de hipótesis a partir de los resultados obtenidos. Cuando los resultados no se ajustan a lo previsto por las hipótesis formuladas, se hace necesario reflexionar sobre las mismas, buscar explicaciones que justifiquen ese desajuste y, si fuera necesario, buscar otras hipótesis alternativas, abandonando las anteriores. Este último aspecto tiene diferentes resoluciones de acuerdo a la perspectiva epistemológica que se asuma, baste simplemente mencionar a Popper, Kuhn, Lakatos o Laudan.

La observación, experimentación e interpretación de los datos están desde el primer momento cargadas de teoría, por lo que el método científico no es el único procedimiento para la solución de cualquier problema, La investigación científica se apoya en la elaboración de modelos teóricos para interpretar los hechos y el método es un instrumento útil para afinar esos modelos.

Cuando el llamado *método científico* se traslada a la escuela como estrategia para resolver problemas escolares, suele hacerse de un modo que difiere fuertemente del modo en que los propios científicos emplean ese mismo método. El contexto escolar se diferencia respecto del contexto de investigación científica en muchos aspectos, por lo que los problemas que se plantean en uno y otro, y sus formas de resolverlos, son también diferentes.

Ciertamente las finalidades son muy distintas en estos contextos. Algunas de estas diferencias son: presentar el método científico como una serie de pasos necesarios y suficientes para alcanzar el resultado; vulgarizar y mecanizar el experimento, convirtiendo la ciencia en un sinónimo de actividad de laboratorio; eliminar muchas de las posibilidades de formulación de hipótesis; utilizar los experimentos para demostrar una teoría o un postulado, para ilustrar o ejemplificar un determinado modelo teórico (no para poner a prueba las hipótesis, para contrastar el modelo). Los problemas escolares suelen ser diferentes de la actividad científica como tal, y también de los propios problemas personales que los alumnos afrontan en la vida cotidiana. En estos últimos, los alumnos buscan tener éxito; en cambio, los científicos se proponen comprender el por qué de determinadas situaciones. La ciencia se basa en un razonamiento lo más sistemático, riguroso y objetivo posible; la solución de problemas cotidianos recurre más bien al análisis de casos que a la experimentación, ya que no solemos utilizar mediciones ni controles rigurosos, sino aproximaciones cualitativas.

#### **2.2.5.4. La historia de la ciencia.**

El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias ha permitido analizar el rol de la Historia de las Ciencias en su enseñanza.

Algunos trabajos centraron su mirada en el paralelo entre la historia y la concepción de aprendizaje (Gil Pérez, 1993). Y a partir de allí se planteó la necesidad de revisión del modo de entender éste último y las finalidades que se

le asignan al contenido científico en la educación. La idea inicial vinculada al aprendizaje por descubrimiento fue superada, ya que la historia ha mostrado que los descubrimientos se sustentan en un conocimiento previo, que muchas veces se revisa, se reorganiza y/o se enriquece. En este sentido, la historia y la nueva epistemología de las ciencias muestran mayor cercanía con la concepción constructivista del aprendizaje, para la que comprender algo supone establecer relaciones entre conocimientos que el sujeto ya posee, o entre conocimientos previos y conocimientos nuevos que en su interacción construyen nuevos saberes.

Desde una perspectiva diferente (Brush, 1991), se plantea el valor de la historia de las ciencias para que los alumnos comprendan los procesos que dan lugar al conocimiento científico y sus características particulares. Entre éstas se mencionan que la ciencia trabaja con amplias preguntas filosóficas que deberían ser de interés general, que a menudo se ignoran en los libros de texto y cuyo tratamiento permitiría ir más allá de los resultados de los procesos de investigación. Por otra parte, la ciencia desarrolla nuevos conocimientos sobre el mundo, al tiempo que estos saberes le permiten predecir distintos fenómenos. Por último, se señala que las mujeres y las minorías han hecho contribuciones importantes para el desarrollo del conocimiento que un estudio profundo de la historia de las ciencias permitiría recuperar.

La posibilidad de incluir a la historia como herramienta para la reflexión sobre los procesos de construcción, requiere de ciertos recaudos para que no se convierta en un contenido fragmentado, separado de los conceptos científicos que se proponen ser enseñados. Es importante que el relato histórico no se convierta en una anécdota que da color a la clase, pero que no genera nuevas preguntas o alternativas de abordaje.

#### **2.2.5.5.            *Los modelos en la ciencia y la enseñanza.***

La epistemología de las Ciencias ha estudiado en profundidad el significado y las características de los modelos y ha posibilitado nuevas perspectivas también para la enseñanza.

La concepción de modelo ha variado a lo largo del siglo XX y los cambios que se han dado desde 1920 a 1980, pasaron de concebirlo como un mero ejemplo de la teoría, a considerarlo como una aplicación digna de imitar de esa

teoría, y finalmente, a identificarlo con un sistema que la teoría tiene intención de explicar (Adúriz-Bravo, 2011). Esta última visión, conocida como *concepción semántica*, incluye entre sus programas el llamado *programa estructuralista*, que entiende a los modelos como “proyecciones” de la teoría al mundo. Esta visión es compatible con la perspectiva realista de la ciencia que afirma que lo que el modelo plantea acerca del mundo tiene una relación sustantiva con lo que el mundo es y también con las perspectivas empiristas o instrumentalistas, que consideran que los modelos son artefactos abstractos, contruidos para calcular, predecir y manipular (Adúriz-Bravo, 2011).

En el marco del denominado *giro cognitivo* de las disciplinas científicas sociales, Giere (1999a, 1999b y 1999c) da el nombre de *modelo teórico* a una entidad abstracta, no lingüística, que se comporta como lo “mandan” los enunciados o proposiciones que definen esa entidad (Adúriz-Bravo, 2011). Según Giere, los modelos –y no el *núcleo* proposicional de la teoría– son lo que se presenta usualmente en los libros de texto universitarios destinados a formar a los nuevos científicos.

Otro elemento clave de la propuesta de Giere es su consideración de que algunos modelos teóricos muy importantes de la ciencia son, al mismo tiempo, *modelos-a-partir-de* y *modelos-para* (Giere, 1992). Por un lado, constituyen la contraparte abstracta de los sistemas modelizados y, por otro, posibilitan la creación de nuevos modelos más específicos o más generales que se vincularán significativamente con ellos.

En la enseñanza “tradicional” de las ciencias naturales, resulta todavía usual encontrar una concepción que considera que el modelo científico es una “copia” (a escala, estática, simplificada, bidimensional o cualquier otra variante por el estilo) de aquello real que se está estudiando. Esta perspectiva, heredera de la concepción *empirista-positivista*, que tiene aún gran protagonismo en las aulas.

La bibliografía propia de la Didáctica de las Ciencias, recupera la idea de modelos y explica el proceso de modelización. Lo define como la transformación del mundo que se produce como consecuencia del pensamiento científico y los modelos teóricos que las ciencias han establecido para pensar sobre los diferentes tipos de fenómenos que estudian. A través de ese proceso algunos fenómenos relevantes se transforman en *ejemplares*, o *hechos paradigmáticos*.

Estos hechos van a representar, para los estudiantes, concreciones prácticas de las ideas que se plantean en clase. A continuación, los ejemplos reconstruidos teóricamente van a pasar a ser *modelos* para interpretar otros fenómenos similares. Se plasma así la actividad científica escolar como la construcción de modelos teóricos a través del pensamiento, la acción y el discurso aplicados a algunos fenómenos seleccionados por su potencial como *ejemplares* de las ideas teóricas que se van a trabajar en clase.

En este sentido, el enfoque de Giere (1992) es a la vez flexible y riguroso para poder trabajar en clase con *modelos científicos escolares*, y que éstos sirvan para entender cómo funciona el mundo natural mediante ideas abstractas y no se encuentren tan alejados de las concepciones *alternativas* que traen los niños y niñas, adolescentes y jóvenes a la escuela (Izquierdo, 2000).

#### **2.2.6. La clase como espacio para hablar ciencia.**

Aprender ciencia implica *aprender a hablar* en su idioma. Implica también utilizar este lenguaje conceptual al leer y escribir, al razonar y resolver problemas, durante la práctica en el laboratorio y en la vida cotidiana. Implica aprender a comunicarse en este idioma y ser miembro activo de la comunidad de personas que lo utilizan.

Dice Jay Lemke que “Hablar científicamente significa observar, describir, comparar, clasificar, analizar, discutir, hipotetizar, teorizar, cuestionar, retar, argumentar, diseñar experimentos, llevar a cabo procedimientos, juzgar, evaluar, decidir, concluir, generalizar, divulgar, escribir, disertar, y enseñar en y mediante el idioma de la ciencia” (1997, p. 17).

Todas las actividades humanas especializadas tienen su propio lenguaje. El estilo del lenguaje científico está construido por una gramática, por una selección de palabras, por el uso de idiomas y metáforas y, en gran medida, evitando muchos de los dispositivos estilísticos que se usan en otros tipos de lenguaje.

Cuando de enseñanza se trata, nos encontramos en los distintos niveles del sistema educativo con el uso de un lenguaje científico que los alumnos no dominan. Si bien gran parte de la educación científica se refiere a los *objetos científicos*, el lenguaje para hablar de ellos no resulta accesible a los alumnos, Se

requiere de ellos que realicen el esfuerzo de ensamblar significados y patrones temáticos. Una vez que se los domina, la lectura de temas científicos o el discurso oral sobre éstos resulta relativamente fácil. Una mínima cantidad del diálogo de la clase se dedica a la exposición de los patrones, a explicar a los alumnos cuáles son las relaciones entre los términos clave y cómo esas relaciones se insertan dentro de un patrón más amplio. Los patrones se suponen, presuponen y utilizan, pero rara vez se muestran y se explicitan. (Lemke, 1997, p. 37)

La investigación muestra que, en el aula, los alumnos generalmente escuchan y leen el lenguaje de la ciencia, pero hablan muy poco y escriben menos sobre ella. Como sucede con el aprendizaje de un idioma extranjero, el lenguaje científico de la ciencia requiere de la práctica al hablar, no sólo al escuchar, al escribir y no sólo al leer.

Hay quienes consideran que el lenguaje científico, correcto y serio, debe seguir las normas estilísticas que se presentan en la Tabla 5. Estas normas sirven principalmente para crear un fuerte contraste entre el lenguaje de la experiencia humana y el lenguaje de la ciencia (Lemke, 1997, pp. 145-146). Ello conduce a suponer que la ciencia permanece fuera del mundo de la experiencia humana.

Tabla 7

*Normas estilísticas del lenguaje científico*

- Ser tan verbalmente explícito y universal como sea posible.
- Evitar las formas coloquiales del lenguaje.
- Utilizar términos técnicos.
- Evitar la personificación.
- Evitar el lenguaje metafórico y figurativo.
- Ser serio y evitar el sensacionalismo.
- Evitar personalidades y referencias a seres humanos y a sus acciones.
- Evitar referirse a la ficción o a la fantasía.
- Utilizar formas causales de explicación y evitar declaraciones narrativas y dramáticas.

Quienes trabajan en la ciencia (científicos activos, historiadores de la ciencia, sociólogos que estudian la investigación científica) y el sentido común, dicen que la ciencia es una actividad muy humana.

Involucra actores humanos y juicios, rivalidades y antagonismos, misterios y sorpresas, el uso creativo de metáforas y analogías. Es falible, con frecuencia incierta, y a veces creativamente ambigua. No hay manera de que los productos de la ciencia (teorías, técnicas, libros de texto), puedan desconocer legítimamente la herencia de estos rasgos indudables del proceso de la ciencia. Sin embargo, el lenguaje científico parece hacerlo, al contrastar ciencia con experiencia humana, al ubicar a las ciencias en oposición a las humanidades, al exonerar a la ciencia de los procesos sociales y de la actividad humana real, al oponer su lenguaje al lenguaje coloquial del sentido común. De aquí proviene mucha de la mística y de la mistificación de la ciencia. (Lemke, 1997:p. 146)

En esta misma línea se reconoce, a partir de diferentes trabajos de investigación, por ejemplo, el valor de formas más coloquiales y humanizadas de hablar ciencia que muestran un incremento significativo de la atención del grupo con lo que se estaba diciendo, además de un nivel alto de integración. Es más probable que los alumnos estén más atentos en el aula cuando existe un habla científica *humanizada* que frente un habla científica *normal*.

J. Lemke realiza una serie de sugerencias para los docentes con relación a la enseñanza de las ciencias naturales:

- Enseñar a los alumnos a hablar ciencia: darles más práctica en la actividad de hablar ciencia, enseñarles cómo combinar términos científicos en oraciones complejas, discutir las teorías de sentido común que tienen sus alumnos en cada tema, y enseñarles los géneros mayores y menores de la escritura científica.
- Tender puentes entre el lenguaje coloquial y el científico: inducir a sus alumnos a que alternen las cuestiones y preguntas científicas y las coloquiales, discutir con ellos el estilo científico formal y usar un estilo informal, humanizando el lenguaje en la enseñanza de temáticas científicas.
- Enseñar sobre ciencia y método científico: describir la relación actual entre observación y teoría, describir la ciencia como una actividad humana social y falible, enfatizar que la ciencia sólo es una forma de hablar acerca del mundo, no más compleja que cualquier otra.

- Ayudar a los alumnos a emplear la ciencia en sus propios campos de interés: adaptar la enseñanza y la evaluación al lenguaje y a la cultura de sus alumnos, reconocer los conflictos de intereses entre el currículum y los valores de sus alumnos, permitirles que practiquen en el uso de la ciencia para decidir sus vías de acción de acuerdo con sus propios valores e intereses.

Desde una perspectiva más amplia (Carlino, 2003, p. 410), se señala el valor del concepto *alfabetización académica* que acentúa la necesidad de trabajar sobre el lenguaje científico de cada una de las disciplinas que se enseña. Este concepto pone de manifiesto que los modos de leer y escribir -de buscar, adquirir, elaborar y comunicar conocimiento- no son iguales en todos los ámbitos. La diversidad de temas, clases de textos, propósitos, destinatarios, reflexiones implicadas y contextos en los que se lee y escribe, plantean siempre a los novatos nuevos desafíos, y exigen continuar aprendiendo a leer y a escribir.

### **2.2.7. La clase como espacio para explicar ciencia.**

La explicación es una de las formas que asume la enseñanza en numerosas propuestas didácticas. El docente explica para que sus alumnos aprendan, pero no siempre lo logra (no sólo porque no existe una relación causal entre enseñanza y aprendizaje). Para Litwin (1996) resulta valioso reconocer el tipo de explicaciones que el docente desarrolla en el aula, generar puentes entre ellas; reconocer sus contradicciones y analizar las creencias que subyacen, encontrar aquellas que pueden generar un proceso reflexivo que conduzca o promueva la construcción del conocimiento.

Respecto de la naturaleza de las explicaciones, surgen algunas preguntas que son importantes en el marco de esta investigación: ¿cómo explican los docentes que se formaron en una concepción determinada de ciencia?, ¿y de la Física en particular?

En este apartado se desarrolla en primer lugar, el concepto de explicación desde su uso *cotidiano*, dada la importancia que los saberes cotidianos tienen en la enseñanza y el aprendizaje, y luego, desde diferentes desarrollos teóricos, las distintas concepciones acerca de la explicación en la enseñanza que nos parece importante destacar en el marco de esta investigación.

### **2.2.7.1. Explicar desde su uso cotidiano.**

¿A qué nos referimos cuando hablamos de explicación? El uso cotidiano de esta palabra nos remite a una serie de significados, vinculados a su carácter polisémico. Entre ellos se encuentran: dar significados para la acción, aclarar el significado de una palabra, dar un por qué, proporcionar la razón de algo que inicialmente resulta ininteligible.

¿Qué significado le asigna el común<sup>13</sup> de la gente? En una pequeña encuesta entre personas de ambos sexos de entre 25 y 48 años, con estudios superiores, se responde lo siguiente: explicar es dar a entender algo a otro (45% de las respuestas), es aclarar / clarificar, ordenar (33%), relatar o justificar hechos acontecidos (11% de las respuestas) y por último, relacionar causas y efectos (11%) (Eder, 2002).

Como puede verse, la mayoría de las respuestas parece estar más vinculada a la transmisión, a la relación con un *otro*, a favorecer la comprensión de un interlocutor.

Por otra parte, en los diccionarios se plantea la explicación desde dos posibles significados. En primer lugar, la explicación sería una *“exposición clara de una materia, para hacerla más perceptible”*. Por otro, explicar se define como *“exponer cualquier materia con claridad para hacerla más perceptible. Enseñar en la cátedra. Dar a conocer la causa o motivo de alguna cosa. Llegar a comprender, darse cuenta de la razón de alguna cosa.”* (Diccionario Enciclopédico Ilustrado Sopena, 1977). En este caso, se trata de un diccionario general que, como vemos, alude a un significado más vinculado a la enseñanza y al aprendizaje, excepto el que se vincula a las causas.

En los diccionarios especializados en filosofía, en cambio, encontramos otros sentidos. En uno de ellos se plantean dos significados: el primero de ellos, el sentido conceptual (que afecta también a los juicios), alude al desarrollo de un *percepto* o de un concepto (tal como se da en su definición), de un problema y sus posibles soluciones, y hasta de un razonamiento en orden a ellas. Es el desenvolvimiento de un pensamiento resumido o condensado: *explicar una lección*. El segundo sentido, el judicativo, se refiere a dar la razón de algo, por

---

<sup>13</sup> Entendida ésta como aquella que no tiene estudios vinculados a la filosofía o la epistemología de las ciencias.

sus constitutivos intrínsecos (material y formal), y por sus causas eficientes (el «por qué») y final (el «para qué») (Zaragüeta, 1955, pp. 218-219).

El segundo diccionario filosófico consultado (Ferrater Mora, 1965. p. 623), señala que el término *explicación*, en sentido general y ateniéndose a su etimología, designa el proceso mediante el cual se des-envuelve lo que estaba envuelto, se hace presente lo que estaba latente. Al explicar algo lo desplegamos ante la visión intelectual, con lo cual lo que aparecerá oscuro y confuso aparece claro y detallado.

En síntesis, en los diccionarios filosóficos aparecen diferentes visiones. En el primer caso: una vinculada a la *lección*; la otra, a las razones, los porqué y los para qué, aunque no limitada al ámbito del conocimiento científico. En el segundo caso, tal como la definición misma lo plantea, se propone un sentido general que puede vincularse a lo pedagógico y a lo científico.

En un diccionario pedagógico (AA.VV., 1991, pp.238-239), al buscar *explicación*, se remite a Exposición y Lección. La exposición consistiría en una forma didáctica de expresión por la cual el profesor explica un contenido, tema o lección y presenta de forma colectiva el material correspondiente. La participación del alumno queda bastante limitada; por ello, es imposible que el maestro utilice todos los recursos posibles y sea riguroso y claro en la exposición, de forma que logre motivar y suscitar el interés del alumno por el tema.

Tal como se plantea en la ciencia, la explicación tiene que ver con el *por qué*, lo que para algunos epistemólogos remite a causas, y para otros, a motivos o razones.

En una revista de interés general, apareció un artículo denominado “¿Por qué?” (*Revista Viva*. 25/02/01, pp. 20-30). En él se presentan 100 preguntas con sus respuestas. Resulta interesante examinar las explicaciones que se presentan como respuesta a las preguntas. Consideremos un par de ejemplos:

- *¿Por qué después de la lluvia percibimos un olor especial? La lluvia libera del suelo algunas sustancias químicas que reconocemos como un «olor dulzón». Son las conocidas como geosminas, producidas por microbios como los actinomicetos filamentosos. Después de la lluvia, el calor del Sol evapora la humedad de suelo e intensifica el aroma dulce.*

- *¿Por qué se les dice «crotos» a los linyeras? Es una denominación que comenzó a usarse espontáneamente cuando el doctor José Camilo Crotto, gobernador de la provincia de Buenos Aires entre los años 1917 y 1921, dictó una medida para favorecer a los linyeras.*

En este caso, podemos reconocer que el objeto de las preguntas es diferente (distintas ciencias se ocupan de generar las explicaciones). Pero es posible también, que las diferencias se relacionen con distintos tipos de explicaciones.

Uno puede explicar cómo funciona una máquina, esto es, informar acerca de cómo se desarrolla un proceso o una tarea. Estas explicaciones *se vinculan con aspectos descriptivos y podrían entender como explicaciones del tipo cómo*. Hay otras que llevan a dar su significado o sus condiciones de uso (Schuster, 1982, p. 21). Las que tienen mayor interés son las relativas a la comprensión de un proceso, las explicaciones del tipo *qué* o las explicaciones del tipo *por qué*.

Creemos que resulta sencillo releer los ejemplos citados y analizarlos desde este planteo. Podemos ver que las respuestas aluden a descripciones que permiten responder al cómo (cómo se produce ese *olor especial*) y al por qué (porque hubo un gobernador que se apellidaba de esa forma y favoreció a los linyeras).

Ahora bien, si la pregunta es *¿Por qué no vivimos para siempre?*, ¿qué respuesta podríamos dar? Aún cuando se considere que las explicaciones son respuestas a la pregunta *¿por qué?*, se necesita muy poca reflexión para darse cuenta de que esta pregunta es ambigua y que, en contextos diferentes, puede haber diferentes tipos de respuesta a ella (Nagel, 1968, p. 27). Algunos podrían responder desde una perspectiva metafísica o religiosa. La respuesta que aparece en el artículo es: *Porque las células que forman nuestro organismo se reproducen por división y cada una es capaz de sufrir un número concreto de duplicaciones. A medida que el cuerpo envejece, el proceso de división se frena*. Esto muestra que las diferentes respuestas no sólo dependen de la formación científica y de las creencias del lector, sino que, además, la formulación de una pregunta requiere de un contexto que nos indique el tipo de respuestas que se desean (Schuster, 1982, p. 17).

El uso cotidiano y aún el que proponen los diccionarios, acerca del concepto *explicar*, parece estar más vinculado a los procesos de enseñanza y aprendizaje, a la transmisión de un saber (sea éste científico o no) a terceros, a la comprensión por parte de éstos. Mientras que las preguntas y respuestas del artículo de la publicación mencionada, nos propone una nueva perspectiva: hablar de explicación puede remitirnos a tres preguntas diferentes: cómo (vinculado a lo descriptivo), qué (significado o condiciones de uso) y por qué (causas, motivos y/o razones).

#### **2.2.7.2. La explicación en la enseñanza.**

El corazón de cada episodio de enseñanza es la explicación de una idea o fenómeno y las explicaciones dadas o su construcción son fundamentales para el proceso de aprendizaje, más allá de cuál sea el tipo de enseñanza que se está describiendo.

Es posible distinguir en las prácticas de la enseñanza diferentes tipos de explicaciones (Leinhardt, 1988, pp. 56-57):

- Explicaciones basadas en los campos disciplinarios: se plantean alrededor de convenciones propias de las disciplinas, por ejemplo, cuáles son las preguntas importantes, qué se acepta por evidencia, qué se reconocería como progreso o como hipótesis en un campo. En principio, este primer tipo de explicación estaría vinculado a las explicaciones científicas que adquieren diferentes formas, responden a diferentes preguntas y difieren en sus criterios de validez de acuerdo a la perspectiva epistemológica que se asuma (además de diferir por su pertenencia a las ciencias naturales o sociales y humanas). Estas explicaciones responderían al nivel epistémico señalado por Perkins (1995).

- Autoexplicaciones: son construidas por individuos o grupos para clarificarse a sí mismos significados particulares. Tienen un carácter fragmentario y parcial e implican la puesta en contacto con otros cuerpos de conocimiento. Parecerían estar más vinculadas a la noción de ideas previas, concepciones erróneas o nociones alternativas, que tienen una lógica diferente al conocimiento científico.

- Explicaciones para la enseñanza: sirven para clarificar conceptos, procedimientos, eventos, ideas, tipos de problemas que favorecen la comprensión. Suelen ser redundantes y reflejan las concepciones pedagógicas y epistemológicas del docente (Leinhardt, 1986).

En relación con el tercer tipo de explicaciones, encontramos algunos trabajos que plantean las características propias de una buena explicación. Entre ellos el de Gaea Leinhardt(1988), quien investigó exhaustivamente las prácticas pedagógicas de un maestro capaz (entendido éste como aquel que favorece el aprendizaje comprensivo por parte de sus alumnos) y encontró los siguientes elementos que caracterizan, desde su perspectiva, una *buena explicación en la enseñanza*:

- Identificación de objetivos para los alumnos.
- Supervisión y señalamiento del avance hacia los objetivos.
- Presentación de numerosos ejemplos sobre los conceptos analizados.
- Clases prácticas en las que se incluyen exposiciones complementarias, se señalan los vínculos entre ellas y se aclaran las condiciones de aplicabilidad y de no aplicabilidad de los conceptos.
- Vinculación de los nuevos conceptos con nociones conocidas señalando los elementos familiares, ampliados y nuevos.
- Legitimación de un nuevo concepto o procedimiento mediante principios ya conocidos por los alumnos, mediante la comparación con otros ejemplos y mediante la lógica.

Parece evidente, desde esta perspectiva, que la caracterización de las buenas explicaciones en la enseñanza, no se vincula con las concepciones epistemológicas propias de la ciencia. Este puede ser un punto de diferenciación en la enseñanza de la ciencia en los distintos niveles educativos, especialmente si consideramos que la formación de los docentes y la finalidad de la formación, suponen un acercamiento diferente a las disciplinas en cada uno de ellos.

Entre los desarrollos teóricos sobre la explicación en la enseñanza, algunos trabajos dan cuenta de las diferentes formas de explicar en la enseñanza de las Ciencias en la escuela secundaria. Entre los distintos aspectos a considerar se encuentra la distancia entre las explicaciones científicas y el sentido común del que son “portadores” la mayoría de los alumnos. Se plantea, como una forma de acceder al conocimiento científico, la presentación narrativa de la explicación: las explicaciones científicas dependen de la existencia de mundos con protagonistas cuyos comportamientos posibles confeccionan la historia. Estos mundos se sitúan con frecuencia muy lejos del sentido común cotidiano. Para los alumnos las explicaciones carecen de significado hasta que no saben qué se supone que son

capaces de hacer o qué les han hecho a las entidades que implican. Un relato muestra el modo en que los acontecimientos suceden de manera que tenga sentido, puesto que lo que sucede aparece porque las cosas hacen lo que hacen por su naturaleza.

Las investigaciones reconocen una diferencia entre las explicaciones escolares y las cotidianas, y entre éstas últimas y las explicaciones científicas (Ogborn, 1998, p. 30): las explicaciones cotidianas suelen comenzar a partir de una solicitud de información, la persona que explica toma la iniciativa. En la enseñanza, en cambio, los papeles son muy diferentes. Una de las diferencias es lo que el estudiante sabe y lo que *debe* saber (diferencia que el profesor puede resolver). Existe otra diferencia: la relativa a lo que el estudiante debe saber y lo que él quiere saber.

Otra elemento diferencial que debe tenerse en cuenta es el existente entre el conocimiento científico y los conocimientos cotidianos. El conocimiento científico mira el mundo de manera diferente, llenándolo de nuevas entidades cuyos significados y naturaleza deben aprenderse. Las explicaciones científicas se presentan con frecuencia en términos de entidades desconocidas haciendo cosas poco habituales, y el alumno es un extraño en un mundo desconocido. Las explicaciones cotidianas, en cambio, se presentan en términos de entidades familiares que hacen cosas conocidas.

Una de las dificultades que se encuentran en el análisis de las explicaciones didácticas que intentan dar cuenta de explicaciones científicas, es que los mismos fenómenos que deben explicarse suelen no ser evidentes (Ogborn, 1998, p. 32). Gran parte de la tarea de explicar ciencias supone que, antes de que comience cualquier explicación de un fenómeno, hay que describir a los protagonistas, quiénes son y para qué sirven. Es así que la explicación en las clases de ciencias se parece a una descripción, a una clasificación o a una definición. Las entidades que se utilizan en las explicaciones tienen que hablarse para que puedan existir. No puede darse la explicación antes de que estén presentes, pero la razón por la cual están presentes es, sencillamente, esta explicación que aún no se conoce.

La distinción entre *sobre lo que pensar* frente a *con lo que pensar* es fundamental. Buena parte de las entidades científicas tienen que convertirse en instrumentos para pensar, aunque al principio sólo

hayan sido conceptos sobre los que pensar. Tienen que convertirse en entidades que formen parte de las explicaciones, y no en cosas meramente explicadas. Por tanto, la construcción de entidades supone también la construcción de explicaciones futuras. (Ogborn, 1998, p. 33)

Los tipos de explicación que plantean Ogborn, y su colaboradores (1998) en su trabajo, son cuatro: “Vamos a pensarlo juntos”, que se refiere a la explicación que se construye a partir de la recogida y reorganización de ideas procedentes de la clase; “El narrador de cuentos”, que alude a la forma narrativa que revisten algunas explicaciones o conocimientos; “Dilo a mi manera”, que se centra en las explicaciones como formas de hablar; por último, “Míralo a mi manera”, en la que el profesor se propone que los alumnos vean los fenómenos desde el punto de vista de una teoría determinada.

Es esperable, entonces, que en los estudiantes coexistan explicaciones diferentes, las que Leinhardt denominaría *autoexplicaciones* y las que los docentes intentan enseñar, esto es, aquellas que responden al conocimiento científico que se considera válido en ese momento. Sin embargo, sabemos que muchas veces los docentes no reconocen la existencia de las primeras y los alumnos no consideran a las segundas como verdaderas explicaciones de los fenómenos que estudian. Supone un desafío para los desarrollos didácticos que avanza en la consideración de las nociones alternativas, el generar propuestas que favorezcan, ya sea el cambio conceptual, ya sea la construcción, por parte de los alumnos, de formas alternativas de conocimiento (por ejemplo, escolar y personal) que les permitan operar diferenciadamente en función del contexto.

¿Cómo se aborda una explicación? Desde algunas investigaciones se han reconocido como características de una buena explicación: la presencia de información conceptualmente precisa, explícita, significativa y secuencial, la inclusión de información no sólo acerca de qué, sino también del cómo y del cuándo del tema en cuestión. Es necesario también, observar el desarrollo de la capacidad de comprensión de los alumnos y detectar los puntos de confusión e incertidumbre a fin de clarificarlos.

El *cómo* forma parte esencial de la enseñanza y según los investigadores citados en el párrafo anterior, una característica fundamental es la presentación de información *secuenciada*. Es interesante considerar que la secuencia en que

se presenta una explicación puede pensarse desde la lógica hipotético-deductiva o desde la narración. Lo que resulta claro es que es necesario un orden para presentar una explicación. Probablemente, como lo señalan las investigaciones actuales en psicología cognitiva, no siempre el mismo orden favorece la comprensión. Tendrá relación con el aprendiz y con el área disciplinar a la que pertenezca la información.

En lo que respecta a la *explicación verbal*, realizada por profesores expertos<sup>14</sup> en la educación básica (Pozo, 1999, p. 179), se señalan como sus ventajas, por un lado, que el alumno se encuentra con expresiones muy precisas que clarifican cuáles son las relaciones entre las ideas, que le urgen a buscar la explicación (las causas) de un fenómeno o una solución a un determinado problema, y se destaca con claridad la idea global que da sentido y unidad a cuanto se ha dicho. En segundo lugar, la información nueva se conecta de forma inmediata con los conocimientos que el propio alumno activa en cada momento. Hay una evaluación y supervisión constante del proceso. El alumno encuentra siempre una evaluación que confirma y reformula las ideas que genera.

Muchas de las investigaciones sobre esta temática se realizan en el nivel secundario y en este nivel se supone una modalidad interactiva, en la que el docente no sólo expone una explicación, sino que dialoga con sus alumnos para evaluar la marcha de los procesos de comprensión y aprendizaje por parte de éstos. Se supone, además, un docente que está a cargo de toda la actividad de enseñanza de ese contenido. Esta situación, a nivel universitario, no suele encontrarse: las materias están a cargo de, al menos, dos docentes, uno responsable de las clases teóricas, expositivas y otro de las clases prácticas. Y no necesariamente, se relacionan los contenidos de unas clases con otras.

En otras investigaciones acerca de la explicación verbal, se plantean que el mayor problema a enfrentar es cómo la mente del profesor y la de los alumnos (de cada alumno) pueden entrar en contacto y avanzar juntas en la comprensión de un nuevo dominio de conocimiento. Esto se facilita cuando las mentes se vuelven *transparentes*: cuando el docente expone lo que sabe y su conciencia de ese saber (cuál es su sentido, qué es lo importante y por qué), y cuando el alumno muestra sus preocupaciones y pensamientos acerca de ese conocimiento. Para conseguir una mutua transparencia cuando el discurso es

---

<sup>14</sup> La experticia en este caso, está dada por el conocimiento profesional sobre la enseñanza y no sobre la disciplina científica, como hemos señalado en otras oportunidades.

*monologal*, es necesario abordar los tres retos que supone este tipo de explicación (Sánchez y Leal, 2001):

*El reto comunicativo.* Este reto supone dos tareas diferentes: el profesor debe crear en su mente una representación del alumno y debe modificarla conforme avanza la explicación. En segundo lugar, puede hacer explícita esa representación: los expertos utilizan un *discurso diafónico*, que incorpora la voz del que habla y la de su destinatario. Esto implica nuevos problemas: qué seleccionar como “dato” y cuánta energía se está dispuesto a invertir en compartirlo; cómo dedicar energía a algo cuyo valor no acaba de ser apreciado; cómo evitar la interferencia que puede suponer el hecho de que sabemos más de lo que conocemos; reconocer que alumno y profesor pueden activar, en cada situación, diferentes versiones de sí mismos con las consecuencias que esto conlleva.

*El reto retórico.* Se refiere a cómo dar orden y organización a un buen número de ideas en el momento en el que se enuncian, durante un amplio intervalo de tiempo. Y hacerlo para promover dos niveles de comprensión: que los alumnos entiendan lo que decimos y que los alumnos entiendan el mundo, operando con las palabras que les decimos.

*El reto regulatorio.* La participación en una explicación monologal supone, tanto para el alumno como para el profesor, un notable ejercicio de autorregulación. El alumno debe entender el objetivo y asumirlo como propio, que la meta guíe los esfuerzos mutuos y conserve su fuerza toda la explicación, así como contar con recursos para valorar si está comprendiendo. El docente debe organizar sus pensamientos en palabras y adaptar esa formulación a la representación que se va haciendo de los alumnos, facilitar la percepción y asunción de la meta, ayudar a que ese objetivo o meta siga vigente a lo largo de la explicación, y, asimismo, a que el alumno valore el grado de comprensión alcanzado durante y tras la explicación.

Los trabajos sobre el discurso docente consideran que el objetivo de los profesores en clase no es sólo transmitir conocimiento con la mayor claridad posible sino, también, “estimular y mantener el interés de los alumnos, implicarlos en sus explicaciones, enseñarles a defender un punto de vista, ayudarles a construir nuevos conocimientos, motivarles para aprender cosas a

las que no tendrían acceso si estudiaran solos, etc. a partir de sus conocimientos, de sus orientaciones, de sus actitudes.” (Cros, 2002: p. 85).

Desde esta perspectiva, la finalidad del discurso docente (igual que en cualquier otro discurso retórico) es *persuadir* al destinatario, es decir, interesarlo y motivarlo para aprender. Por esta razón, la finalidad didáctica incluye dos orientaciones; una explicativa y otra argumentativa. La primera de ellas suele quedar reflejada en el aula en la utilización de distintos tipos de estrategias para facilitar la adquisición, la elaboración y la comprensión de conocimientos. Estas estrategias se basan en la gestión de los contenidos (regulando la densidad informativa del discurso) y de las formas de participación de los estudiantes en la clase. La orientación argumentativa se plasma en la utilización de distintos procedimientos destinados a actuar sobre los conocimientos y las actitudes de los alumnos, orientando la interpretación y el significado de lo que se enseña, por un lado, y por otro, a generar o aumentar el interés y la implicación de los estudiantes hacia los contenidos y hacia la persona que los imparte. (Cros, 2002). Las estrategias en el marco de esta orientación se vinculan con los distintos tipos de argumentos que ha desarrollado y categorizado la retórica. Uno de los más utilizados por los docentes es la apelación a la propia autoridad (aunque las orientaciones de la retórica recomiendan que se utilice una voz distinta de la propia para justificar la autoridad de una opinión).

Con relación a su estructura, por último, el género de la clase contendría una estructura constituida fundamentalmente por secuencias de tipo explicativo, descriptivo, argumentativo y dialogado, aunque la secuencia explicativa es la que suele tener un carácter dominante (Cros, 2002).

### **2.2.7.3. Lo cotidiano, lo científico, lo didáctico.**

Para la ciencia explicar es central. Hay quienes consideran a la explicación como el objetivo específico de la ciencia. Algunas perspectivas la reconocen como proceso indispensable para intervenir en la realidad. Pero hemos visto que, de acuerdo a la perspectiva epistemológica, la respuesta que se espera encontrar difiere (y no sólo por el tipo de procesos o fenómenos que se estudian): algunos intentan reconstruir el *cómo*, reconocer los procesos que han llevado al estado actual; otros se preguntan por el *por qué* y, como planteáramos previamente, esta pregunta va a significar búsquedas diferentes, vinculadas al marco disciplinar desde el que se hagan (más aún si no fuera desde una perspectiva

científica); y también nos encontramos con que la explicación científica se pregunta por el *qué*. Esto último puede suponer tanto causas como consecuencias: ¿qué razones, motivos producen determinado fenómeno o suceso?, ¿qué resultados pueden acarrear ciertas acciones o sucesos, provocados, inducidos o naturales? Así, la explicación en la ciencia, asume la complejidad de las preguntas que nos hacemos para entender el mundo en que vivimos y el que podemos llegar a construir.

Cuando nos acercamos a la investigación didáctica, reconocemos la preocupación por encontrar puentes entre el conocimiento científico y la vida cotidiana. Esta relación asume diferentes formas de acuerdo al nivel educativo de que se trate y a la intencionalidad que éste tenga. La explicación didáctica (o la explicación en o para la enseñanza) intenta acercar la explicación científica a las explicaciones que construyen los sujetos acerca del mundo en que viven. En algunos casos, la preocupación pasa por generar explicaciones desde el saber científico que permiten una mirada distinta sobre diferentes fenómenos cotidianos. En otros, la explicación que desarrolla el docente se propone favorecer la comprensión científica modificando las concepciones erróneas de los alumnos (o por lo menos poniendo de manifiesto las diferencias).

En términos epistemológicos, pensar en la explicación implica una dificultad adicional a la que nos plantea el concepto de transposición didáctica: se trata de reconocer que la ciencia es “mirada” de forma diferente de acuerdo a la perspectiva epistemológica y muchos especialistas en el área discuten acerca de la validez de enseñar epistemología a sujetos que no saben ciencia. Lo que nos preguntamos es qué ciencia aprenden: ¿aquella que procura mostrar los *por qué*? ¿La que intenta describir *cómo* se producen ciertos fenómenos? ¿Existe, entonces, alguna perspectiva epistemológica que resulte de más fácil acceso?

Hablar de enseñanza supone preguntarse por el *qué*, el *para qué* y el *cómo* de este proceso. La primera pregunta se responde, en este caso, diciendo que es la ciencia el objeto de la enseñanza, pero la respuesta se complejiza si pensamos que existen diferentes niveles de conocimiento: el nivel de contenido, el de resolución de problemas, el epistémico y el de investigación (Perkins, 1995).

Cabe preguntarse si se enseñan sólo los primeros niveles y el nivel epistémico que, junto con el de indagación remitirían a las distintas perspectivas

explicativas planteadas previamente, sólo se enseñan, explícitamente<sup>15</sup>, a quienes tienen interés en estas cuestiones o se forman como docentes en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. El *saber epistemológico* pareciera ser, muchas veces, un *saber hacer*, un saber práctico que se “tiene en la punta de los dedos”, una forma de conocimiento que no se dice, sino que se actúa, un conocimiento en la acción (Schön, 1992). Este tipo de conocimiento no es inmediatamente accesible y requiere procesos de distanciamiento, objetivación y reflexión sobre la práctica (Feldman, 1999). Es esta reflexión sobre el proceso, que muchos científicos desprecian, la que permite que los análisis epistemológicos aporten nuevas posibilidades al aprendizaje y a la producción de conocimiento.

Preguntarse por el *qué* de la enseñanza supone también, y en este caso en particular, considerar que al hablar de ciencia nos estamos refiriendo a las Ciencias Naturales, lo que agrega un nuevo interrogante: ¿qué tipo de explicaciones les son más propias?

La segunda cuestión, *para qué*, requiere no sólo pensar en el nivel educativo sobre el que se formula la pregunta, sino revisar algunas posibles respuestas que no son necesariamente excluyentes: ¿comprender el mundo?, ¿intervenir en él?, ¿construir más ciencia? Creemos que la respuesta a cualquiera de ellas supone la consideración de la perspectiva epistemológica: quien intenta intervenir sobre la realidad tomando en consideración los aportes del conocimiento científico, no puede desconocer el tipo de explicaciones que éste provee, ya que algunas de ellas están asociadas a la predicción y otras no.

La tercera pregunta, *cómo* se enseña, nos remite al tema en términos claramente didácticos: ¿explicando?, ¿mostrando causas, razones, funciones, “cómo”?, ¿con “explicaciones para la enseñanza”?, ¿acercándose a los diferentes modelos epistemológicos? Esto implica indagar en la práctica docente, si aparecen, si son reconocidos por los docentes.

Como señalábamos previamente, hay saberes en acción en los que los docentes universitarios, investigadores, pondrían en juego su saber epistemológico, probablemente sin reconocer que los diferentes tipos de explicaciones a enseñar, basadas en el conocimiento científico, suponen

<sup>15</sup> En muchos casos, los investigadores aprenden sobre estas cuestiones en el proceso mismo de construcción científica, con las limitaciones que, sabemos, tiene este tipo de aprendizaje.

diferentes tipos de respuestas no sólo a las preguntas que la ciencia se hace, sino que los alumnos pueden responder o pueden considerarse relevantes para favorecer un aprendizaje comprensivo.

El reconocimiento de los diferentes tipos de explicación científica, por una parte, y de éstas y las explicaciones didácticas y cotidianas ¿es importante para los docentes? O mejor dicho, ¿es importante para enseñar y favorecer la comprensión disciplinar? Más aún, ¿lo es para su trabajo profesional, de investigación? Los resultados de los distintos trabajos de investigación en relación con estas cuestiones, no presentan conclusiones uniformes. Preguntarse por la explicitación de la concepción epistemológica que subyace a las explicaciones científicas ¿podría favorecer la comprensión? ¿A qué nivel? Encontrar relaciones de tipo causal, funcional, potencial entre los fenómenos ¿favorece la comprensión y retención del conocimiento?

### **2.2.8. La clase como espacio para legitimar el conocimiento.**

¿Cómo valida la escuela el conocimiento? ¿Cómo son construidos como “verdades” los hechos considerados? Existe una serie de recursos discursivos que se usan para legitimar una versión específica del mundo y para establecer en la clase las fuentes de conocimiento.

Antonia Candela (1999), investigadora mexicana, ha descrito el aula como un lugar donde se construyen versiones legitimadas de los hechos, que mediante la intervención del docente, aspiran a ser conocimientos compartidos. Entre los recursos discursivos para establecer la legitimidad del conocimiento, se reconocen: la argumentación, la búsqueda del consenso, las analogías, el recurso a la evidencia perceptiva y la autoridad de los especialistas (Cubero, 2005, p.163).

Esta misma investigadora (Rey Herrera y Candela, 2013) recupera los aportes de la antropología que afirma que las fuentes de conocimiento varían de acuerdo con el tiempo y la cultura, y que son resultado de un consenso social. También se plantea que no existe "un orden jerárquico entre las fuentes del conocimiento, ya que ninguna dimensión de la cultura se limita a tener una única fuente de conocimiento" (Elkana, 1983, p. 14). Sólo a través del consenso social, una comunidad o grupo de personas, se determina y legitima la fuente del conocimiento que tiene una importancia primordial.

Desde esta misma perspectiva, algunas de las fuentes de conocimiento utilizadas por comunidades o grupos de personas para validar o legitimar explicaciones son: la experiencia, la evidencia de los sentidos, las ideas claras y distintas, la tradición, la autoridad, la revelación, la novedad, la belleza, la intuición, la originalidad, la analogía, la argumentación y los consensos.

Señala también Antonia Candela (2006), que el conocimiento cotidiano se retoma para ir pasando por un proceso discursivo y de negociación en el que éste se *resignifica* para construir el conocimiento científico escolar, lo que se legitima en el aula como hechos científicos.

En los estudios sobre el aula universitaria que recuperan esta problemática, se plantea como forma central de justificar el conocimiento como Verdad en el aula, a la invocación. Ésta cumple las siguientes funciones:

- Establecer un conocimiento dado como una versión válida; como una descripción - explicación científica, académica o culturalmente aceptable.
- Ofrecer elementos para sustentar y justificar una versión específica de conocimiento.
- Desplegar los criterios que la ciencia o una materia utilizan para legitimar una explicación dada como opuesta a otras posibles (Cubero et al, 2005; Cubero e Ignacio, 2011).

Se reconocen 3 tipos de invocaciones:

- 1) Invocación a la autoridad de expertos o del conocimiento académico.
  - a. Autoridad del Texto: enunciados basados en y tomando como referencia documentos escritos.
  - b. Disciplina académica o autoridad del conocimiento formalizado (nociones y procedimientos): enunciados basados en y tomando como referencia teorías, áreas de conocimiento, disciplinas científicas, términos técnicos reconocidos como parte del vocabulario formal o académico, y las nociones y procedimientos desarrollados dentro de esas disciplinas.
  - c. Autoridad del autor, grupo experto o profesional con el conocimiento académico: enunciados basados en y tomando como referencia la perspectiva de materias específicas o de grupos profesionales que son conocidos por tener conocimiento académico.
- 2) Invocación a la experiencia o al conocimiento experiencial.

- a. La experiencia individual del hablante: enunciados basados en experiencia diaria/cotidiana del hablante.
  - b. Experiencia de un grupo de clase: enunciados haciendo referencia a un hecho o a una opinión compartida por los hablantes porque aconteció en la clase.
  - c. La experiencia cultural del hablante: enunciados basados en experiencias o conocimiento relacionado a eventos, prácticas o conocimiento de grupos culturales. No necesitan ser experiencias personales del hablante.
- 3) Invocación a la ideología o al sistema de valores.  
Enunciados relacionados a un sistema de valores, a valores ideológicos, morales o éticos. (Cubero y otros, 2005)

### **2.3. Síntesis del capítulo: las categorías teóricas que permiten abordar el objeto de esta tesis**

En síntesis, señalamos a continuación las principales ideas desarrolladas en este capítulo, que dieron lugar a la mirada particular sobre la clase que se planteó en esta investigación:

1. La construcción del conocimiento como proceso interactivo. Esta perspectiva acerca del aprendizaje, nos permite reconocer al espacio de la clase como un espacio en el que se construye como fruto de la interacción (sabiendo que ésta asume diversas formas, y que el peso de la interacción recae de diferentes maneras en docente y alumnos, variando entre las clases).
2. La construcción, además, como un proceso situado y que, por tanto, asume diferentes formas y lenguajes de acuerdo a los interlocutores, así como respecto del “tiempo y espacio” en que se desarrolla.
3. Los aprendices como sujetos activos, aún cuando no hablen en la clase. Sujetos que ponen en juego sus saberes previos, sus intereses, sus inquietudes.
4. El lenguaje como acción, no sólo como medio de comunicación o contenido, sino como instrumento para pensar. La importancia de analizarlo en las clases. El lenguaje como medio para “transmitir” conocimiento se pone en juego también en las clases como herramienta para construir autoexplicaciones y explicaciones compartidas.
5. Los recursos discursivos que se reconocen en distintas investigaciones y permiten entender el modo en que el lenguaje posibilita la construcción compartida del conocimiento.

6. El uso del lenguaje, escrito u oral, por parte de los alumnos como un medio necesario para la construcción del conocimiento.
7. El concepto de polifonía que permite explicar la multiplicidad de perspectivas que se ponen en juego en el discurso docente, muchas veces de manera explícita e intencional.
8. Las orientaciones argumentativa y explicativa de la clase como género discursivo, que implican la utilización de diferentes estrategias para regular la densidad informativa del discurso y favorecer la participación de los estudiantes en la clase en el caso de la explicación y en la utilización de distintos procedimientos para facilitar la interpretación y el significado de lo que se enseña y generar o aumentar el interés y la implicación de los estudiantes hacia la temática de la clase y hacia la persona que la desarrolla, en lo que hace a la argumentación.
9. El reconocimiento de la narrativa como estructurante de las explicaciones, de las clases mismas (más allá de su concepción como “relato” que se incluye en las explicaciones o en las clases). La posibilidad que esto supone para la construcción de nuevas miradas acerca de las diferentes formas que asume la enseñanza en la universidad.
10. El diálogo en la enseñanza. Su análisis es central no sólo en clases abiertamente interactivas, sino también en aquellas en las que, iniciado por docente o alumnos, cobra un lugar privilegiado para la construcción del conocimiento.
11. Las preguntas, con sus múltiples formas y funciones. Su reconocimiento se vuelve fundamental para el análisis de las interacciones que se generan en el aula y dan lugar (o no) a nuevas construcciones.
12. La concepción epistemológica del docente, explícita o implícita, que se pone en juego en las clases, ya sea por la manera en que se plantea el conocimiento (cerrado, en construcción, incierto, explicando la realidad, etc.), como por la forma en que se construye o cómo se presenta a sus “constructores”.
13. La Historia de la Ciencia como herramienta para comprender su proceso de construcción y la forma en que se plantean los problemas de investigación.
14. Las diferentes explicaciones en la enseñanza. No asumen una única forma, no tienen un único sentido, ni intentan responder a una única pregunta. Reconocer las diferencias permite comprender las diferentes concepciones de ciencia, enseñanza y aprendizaje que suponen.
15. La inclusión de metáforas y analogías en la enseñanza. La posibilidad de apelar a saberes previos que permiten comprender lo nuevo recuperando lo ya construido.
16. La complejidad de las prácticas y la necesidad de enfoques multidimensionales, enfoques que permitan comprender el espacio de la clase

como un espacio que se configura y se modifica por la presencia y articulación de distintos elementos.

17. La construcción del conocimiento como un proceso social de legitimación de saberes en el aula de acuerdo con una diversidad de fuentes que validan ciertos conocimientos como científicos o ciertos para una determinada comunidad o cultura.

## **CAPÍTULO 3: Objetivos, diseño y desarrollo de la investigación**

### **3.1. Objetivos de la investigación**

El objetivo general de esta tesis es construir nuevas dimensiones de análisis para favorecer la comprensión de las propuestas de enseñanza de la Física en el nivel superior. Se espera, por otra parte, que contribuya al desarrollo de la Didáctica universitaria.

Desde nuestra concepción didáctica, epistemológica y metodológica nos proponemos, también, que las categorías construidas favorezcan la problematización de las prácticas por parte de los docentes del área, en este nivel.

Quienes llevan adelante la enseñanza son los docentes, y en esta investigación nos hemos centrado en aquellos considerados *buenos*, para aprender del modo en que enseñan, reconstruir sus prácticas, para comprender por qué y cómo se favorecen los procesos de construcción del conocimiento y posibilitar, a través de esta nueva comprensión, el desarrollo de mejores propuestas de enseñanza.

Teniendo en cuenta la complejidad de las prácticas de la enseñanza, se ha centrado el análisis en el momento en que se produce el encuentro entre docente y alumno/s, en el momento interactivo de la enseñanza.

Si consideramos, por otra parte, el valor del lenguaje como un instrumento para compartir los conocimientos, experiencias, deseos y expectativas, contrastarlos con otros, negociarlos y, quizás, modificarlos como resultado de este contraste o negociación, y si lo consideramos, además, no sólo como instrumento para pensar y aprender de los otros y con los otros, sino también como uno de los contenidos básicos de aprendizaje, el análisis del discurso resulta fundamental para comprender los procesos de enseñanza que se dan en las aulas (Cubero e Ignacio, 2011; Cubero et al, 2008; Coll, 2006; Kozulin, 2000; Mercer, 1997).

Desde esta perspectiva, se ha centrado la mirada en el discurso de los docentes, en su interacción con los alumnos a lo largo de las clases observadas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, los objetivos específicos de este trabajo son:

1. Describir las buenas prácticas de la enseñanza, tal como son llevadas a cabo por los buenos docentes.
2. Analizar los discursos y las prácticas pedagógicas en la enseñanza universitaria de la Física, procurando identificar las recurrencias y reconocer los diferentes recursos discursivos docentes que se ponen en juego en las clases, y que promueven la construcción del conocimiento en el aula.
3. Construir nuevas categorías teóricas que permitan interpretar y caracterizar las buenas prácticas de la enseñanza de la Física en la universidad.

### **3.2. Perspectiva teórico-metodológica**

Consideramos, junto con Rojas Soriano (1990, p. 15), que la investigación científica es un proceso que no sigue un camino trazado de antemano en todos sus detalles, sino que se requiere un espíritu dialéctico que conjugue la preparación teórico-metodológica con las experiencias directas e indirectas y con la *imaginación creativa*. Desde esta perspectiva, el proceso relatado es fruto de la interacción entre teoría, -siempre revisada y ampliada-, empiria -recolectada, analizada, reconstruida-, e investigador -siempre en búsqueda de nuevas miradas para entender las prácticas de la enseñanza y darles un sentido que pueda ser transformador para las clases de otros docentes.

Si tenemos en cuenta que existen distintos tipos de investigaciones sobre interacción en el aula y que responden a diferentes finalidades entre las que se han distinguido las orientaciones de ilustrar, comparar y describir, esta investigación tiene, sin dudas, el propósito de describir. Se describe cuando lo que se busca es volver inteligible lo que realmente ocurre en las aulas y, por tanto, cuando se describe se asume que no siempre se produce lo que se esperaba o lo que se considera adecuado o bueno (Sánchez y Rosales, 2005, p. 169). La tarea del análisis en esta perspectiva es volver comprensibles esas actividades que se desvían de forma notoria de los ideales educativos.

Tal cómo se planteara en los objetivos que guiaron su desarrollo, en esta investigación nos propusimos reconstruir analíticamente las prácticas de enseñanza de quienes son considerados buenos docentes de Física en la Universidad de Buenos Aires.

Para ello, se ha desarrollado el proyecto desde un enfoque cualitativo. Siguiendo el planteamiento de Goetz y Lecompte (1988), éste se caracteriza por aproximarse a una forma de conceptualizar la realidad y su modo de abordarla, vinculado al primer término de los pares dicotómicos (o dimensiones como los denominan las autoras antes mencionadas): inductivo-deductivo, generativo-verificativo, constructivo-enumerativo y subjetivo-objetivo. A pesar de ello, existe una tendencia a la “convergencia metodológica”, que permite recuperar aspectos propios de los dos enfoques que posibilitan responder a las preguntas planteadas en esta investigación.

La concepción que subyace es de un proceso en espiral, no lineal: la teoría “informa” a la empiria, pero al mismo tiempo se realimenta y transforma por ésta; lo subjetivo se complementa con lo objetivo, mostrando dos caras del mismo objeto; la construcción puede anteceder a la enumeración y al mismo tiempo hacerla revisar sus constructos; la inducción puede estar seguida de un proceso hipotético-deductivo que permita considerar la validez de ciertos resultados de investigación. De todos modos, la lógica que subyace como eje de trabajo es la que busca la comprensión del objeto, la que toma la lógica del hecho social como una construcción, la que se pregunta por el “por qué”, reconociendo la complejidad y la que no busca sólo las causas que generan determinados hechos.

Considerando la dimensión *generativo-verificativa*, que se refiere al lugar de la evidencia en la investigación y a cómo los resultados del estudio son generalizables de un grupo a otros (Goetz y Lecompte, 1988, p. 30), podemos reconocer que la investigación realizada tiene carácter generativo, ya que se centra en la construcción de nuevas miradas sobre el objeto de análisis y si bien este tipo de investigación puede iniciarse sin ningún marco teórico particular, en este caso está informada teóricamente, dando lugar entre otras cosas, a los criterios que permitieron seleccionar a los docentes.

Para responder a las preguntas de la investigación que dio lugar a esta tesis, se consideró como modelo de investigación más adecuado el *estudio de casos* (Stake, 1995, p. 20), ya que permite un análisis intensivo y profundo de uno o pocos ejemplos de ciertos fenómenos y, por otra parte, porque se plantea como objetivo la particularización y no la generalización. Se toma un caso particular y se profundiza para llegar a conocerlo bien, no para ver en qué se diferencia de los otros, sino para ver *qué es, qué hace*. Se destaca la *unicidad*, y esto implica el

conocimiento de los otros casos de los que el caso en cuestión se diferencia, pero la finalidad primera es la comprensión de este último.

### **3.3. Método**

#### **3.3.1. Participantes.**

Se seleccionaron 4 docentes del Departamento de Física de la Universidad de Buenos Aires. En función del problema a investigar, se consideraron los siguientes criterios de selección:

- Docentes universitarios, independientemente de su edad y antigüedad en la docencia.
- Docentes de Física, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Que fueran considerados buenos docentes.
- Que aceptaran participar de las distintas instancias de investigación (entrevistas, observación, etc.).

En el apartado de *Procedimiento* se detallan otros aspectos relevantes relacionados con este punto.

En términos de Goetz y Lecompte (1988), se trata de una *selección basada en criterios simples*, que requiere la confección de un listado de los atributos esenciales que debe poseer la unidad seleccionada.

Para seleccionar a los docentes a observar, se realizó una encuesta (ver Anexo A) a alumnos y egresados de los profesados de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, quienes la extendieron también a compañeros de la licenciatura en Ciencias Físicas. De entre más de 30 docentes mencionados se seleccionaron los 5 más elegidos. Se tuvieron en cuenta también las razones por las cuales se los consideraba “buenos docentes”, descartando aquellas que no fueran estrictamente didácticas (afinidad política, simpatía, etc.).

Las razones que aparecieron con más frecuencia para elegirlos, en palabras de los alumnos, son:

- *Quieren que el alumno entienda y aprenda.* (A4-Licenciatura en Ciencias Biológicas).
- *Dominan la materia.* (A17-Licenciatura en Ciencias Físicas).

- *Se les entiende cuando explican, si uno no entiende te vuelven a explicar de otra forma hasta que entiendas.* (A21-Licenciatura en Ciencias Físicas).
- *Se toman tiempo para interpretar nuestras dudas y para explicar lo que fuera necesario; nos tratan con respeto.* (A10-Licenciatura en Ciencias Químicas).

Se contrastaron los resultados de esta encuesta con una encuesta que realiza periódicamente la Facultad al finalizar cada cuatrimestre (se adjunta en Anexo B). Esto permitió confirmar la elección de 4 de los docentes y descartar al 5º, que si bien había sido mencionado por varios alumnos como buen docente, era desestimado explícitamente por otros.

Simultáneamente se triangularon los resultados de la primera encuesta con docentes de los profesorados de la Facultad, expertos en didáctica y con conocimiento acerca de las prácticas de los docentes seleccionados.

Los 4 docentes seleccionados son físicos, docentes e investigadores de la Universidad de Buenos Aires. Se trata de 3 varones y una mujer, y su experticia es clara con relación al conocimiento del contenido. No tienen formación didáctica, ni pedagógica, pero tal como plantearon en las entrevistas iniciales, han construido cierto saber sobre sus alumnos, y sobre las dificultades que el conocimiento que enseñan tiene para la comprensión y el aprendizaje.

Estos docentes están a cargo de las clases que en el ámbito de la UBA se conocen como clases teóricas (estas son, en general, clases “magistrales”, expositivas, en la que no se espera “actividad” por parte del alumno más allá de escuchar y copiar). Esto se debe a que los docentes seleccionados son profesores titulares o adjuntos de la Carrera y están, por lo tanto, a cargo de estos espacios curriculares. No implica que no existan docentes de clases prácticas (laboratorios o problemas en esta Facultad) que sean caracterizados como “buenos docentes”. En las sucesivas encuestas realizadas para seleccionar los docentes a observar, aparecieron con mayor frecuencia, evidentemente, los que han sido profesores de mayor número de alumnos, lo que ocurre en el caso de los que tienen a su cargo las clases teóricas<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> En la Licenciatura en Ciencias Físicas, suelen existir al menos dos comisiones de trabajos prácticos por cada clase teórica, y están a cargo de distintos docentes auxiliares.

Si bien este sesgo podría considerarse negativo en función del objeto inicialmente planteado para la investigación, se ha constituido en un medio para “recortarlo”, permitiendo un análisis más específico en términos del tipo de clases a analizar. Desde el proyecto original, en el que se planteaba el análisis de las clases de buenos docentes de Física, llegamos a las clases expositivas a cargo de profesores titulares o adjuntos que son los que, además, tienen mayor formación en su campo y trabajan en investigación en su disciplina.

### **3.3.2. Instrumentos.**

Las clases seleccionadas fueron observadas por la investigadora utilizando dos instrumentos para el registro:

- Una Hoja de Registro Observacional (Anexo C) en la que se incluyó una serie de datos como la fecha, el nombre del docente y el nombre de la asignatura, el tiempo de duración de las actividades, y los datos relativos a la transcripción de los gráficos, las fórmulas y todo aquello que el docente escribió en el pizarrón durante la clase. Se registraron también las preguntas y comentarios de los alumnos, y todo lo que fue posible del discurso de docente.
- Grabación del audio que permitió construir un registro digital sonoro. Éste luego fue transcrito completamente hasta contar con la versión escrita del discurso en el aula. Para ello se usó el programa de audio *Digital Voice Editor*. Este programa permite el aumento o disminución de la velocidad del habla sin producir distorsiones, así como seleccionar distintos momentos de la grabación. Las transcripciones se han elaborado utilizando un sistema de notación diseñado específicamente para captar tantos elementos de su producción como somos capaces de identificar.

### **3.3.3. Procedimiento.**

Una vez seleccionados los docentes, se procedió a contactarlos para solicitar su colaboración en la investigación. Luego del contacto inicial a través del correo electrónico, se realizaron reuniones con todos los docentes que fueron registradas con grabadora digital, para compartir los objetivos y la metodología del proyecto, así como para coordinar las fechas posibles de observación, y para conocer su formación pedagógica y su perspectiva acerca de la enseñanza. (Anexo D: Esquema de entrevista)

Se coordinaron las observaciones, que se realizaron, en algunos de los casos, en diferentes materias que tienen a su cargo los docentes. Se observaron 10 clases de alrededor de 2 horas reloj cada una, a través de lo que se conoce como Observación no Participante que requiere que el observador elabore un registro completo y exacto de datos observables, que lleve a obtener descripciones exhaustivas, pormenorizadas y representativas (Goetz y Lecompte, 1988, p. 155). De las 10 clases observadas (2 de dos docentes y 3 de cada uno de los otros dos) se seleccionaron ocho, es decir, dos por docente. Para seleccionar las dos clases de los profesores que fueron observados en tres oportunidades, se utilizó como criterio que las dos clases elegidas respondieran a diferentes materias y grupos de alumnos.

Luego de recogida de información a partir de la observación de las clases, se procedió a la transcripción y el análisis de las entrevistas. Las entrevistas fueron transcritas por completo de acuerdo con sistema de notación adaptado por Cubero et al. (2008) del sistema desarrollado por Jefferson (Atkinson y Heritage, 1984; Sacks, Schegloff y Jefferson, 1974) (Anexo E). Dicho sistema está diseñado para obtener la máxima información sobre la forma en la que se produce el discurso en tiempo real, cómo la intervención de un hablante se ve influida por la interacción con los demás hablantes y la importancia de los aspectos no verbales. Incluye claves referidas a descripciones de información visual (postura, gesticulación, contacto visual...), así como cambios de entonación, volumen, pausas, velocidad, énfasis, entre otros. Uno de los aspectos más relevantes es que permite recoger los solapamientos de turnos, es decir, lo que dos participantes están diciendo simultáneamente, en qué momento se superpone el habla de uno sobre el habla del otro. Además, incluye claves sobre cómo referirse a los participantes, las partes que intencionalmente no se transcriben o las partes de la transcripción que no son audibles. A tal sistema, se añadieron algunas claves para cubrir las necesidades de transcripción propias de esta investigación. En este sentido, se añadieron claves con relación a la codificación de los nombres que aparecían en la entrevista, al acortamiento de palabras y a los cambios de entonación que imitaban un estilo de habla directo dentro de un turno. Además, se utilizaron códigos para indicar enunciados incompletos.

### **3.4. Análisis de los datos**

De entre las clases observadas se seleccionaron 8, que se codificaron tal como se plantea en la Tabla 8.

<b>Profesor</b>	<b>Casos</b>	<b>Código</b>
A	1	C1A
	2	C2A
B	3	C3B
	4	C4B
C	5	C5C
	6	C6C
D	7	C7D
	8	C8D

Tabla 8. Codificación de los casos.

Teniendo en cuenta la dimensión constructiva-enumerativa de la investigación y considerando que una estrategia constructiva se orienta al descubrimiento de los constructos analíticos o categorías que pueden obtenerse a partir de un proceso de abstracción en el transcurso de la observación y la descripción, y que, por su parte, la enumeración es un proceso en el cual las unidades de análisis previamente definidas, son sometidas a una enumeración sistemática (Goetz y Lecompte, 1988, p. 31), podemos ver que estas estrategias aparecen como complementarias. En esta investigación, luego de la selección de los casos se realizó un primer análisis de cada una de las clases, utilizando ambas estrategias.

En primer lugar, en función de la pregunta de investigación y de ciertos constructos teóricos, se realizó un *examen microscópico de los datos* (Strauss y Corbin, 2002), considerando particularmente las interacciones entre docente y alumnos, el tipo de discurso del docente, los recursos retóricos utilizados y los diferentes modos de abordar la ciencia.

Cada clase se analizó de inicio a fin, no para buscar distintos momentos en ella, sino para reconocer la presencia de ciertos elementos recurrentes.

Para ello, y también para reconocer similitudes y diferencias entre las distintas clases observadas, se realizaron dos procesos. El primero de ellos ha sido la *inducción analítica*, que implica el examen de los datos en busca de categorías de fenómenos y de relaciones entre ellas; para ello se desarrollan tipologías e hipótesis de trabajo a partir de los casos iniciales, que posteriormente van siendo modificados con la aparición de casos nuevos. El segundo proceso ha sido el de la *comparación constante* (Goetz y Lecompte, 1988), que supone la comparación entre las categorías inductivas construidas y las nuevas prácticas

observadas y analizadas, lo que permite descubrir nuevas dimensiones tipológicas y nuevas relaciones.

Estos procesos dieron lugar a una segunda etapa en la que se hizo un nuevo análisis con el objetivo de completar y profundizar la caracterización de cada una de las clases, esta vez desde las dimensiones y categorías construidas y reconstruidas.

A partir de las dimensiones iniciales que orientaron el primer análisis de las clases (las interacciones en las clases, los aspectos “epistemológicos” que se ponen en juego en las mismas, los “modos de explicar”), se construyeron dos grandes categorías:

- *Recursos para comprometer a los alumnos en la clase.*
- *Recursos para presentar la ciencia.*

La presencia de estos recursos varía en las distintas clases, y su combinación da lugar a prácticas de enseñanza distintas que desarrollan los docentes observados. Estos diferentes recursos se presentan en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO 4: Resultados del Análisis de las clases**

### **4.1. Las categorías construidas**

A partir del análisis de las clases, del reconocimiento de las recurrencias en la interacción que se genera entre teoría y empiria, pudimos construir y agrupar una serie de recursos que los docentes utilizan para comprometer a los alumnos en las clases y presentar la ciencia.

Como veremos en el análisis de cada una de las clases, algunos recursos están presentes en todas ellas y otros son propios sólo de algunas. La presencia y combinación de estos recursos hacen a cada clase única, a pesar de que se pueden reconocer algunos rasgos propios de los diferentes docentes que las llevaron adelante.

Las 2 categorías fundamentales de recursos que hemos podido identificar al analizar el discurso de los profesores son:

- *Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.*
- *Recursos para presentar la ciencia.*

Tabla 9

*Recursos utilizados por los docentes*

<b>Recursos</b>	
<b><i>Para comprometer a los alumnos en la clase</i></b>	<b><i>Para presentar la ciencia</i></b>
Preguntas y respuestas del profesor y los alumnos	Explicitación de supuestos y convenciones
Lenguaje coloquial	Legitimación del conocimiento
Uso particular de pronombres	
Desafíos y provocaciones	Hablar ciencia
Humor e ironía	Construcción de modelos
Presentación de los científicos en el discurso	Uso de metáforas y analogías

#### **4.1.1. Recursos para comprometer a los alumnos en la clase.**

Dentro de esta categoría se incluyen una serie de recursos que utilizan los distintos profesores, aunque no en todas las clases ni con la misma frecuencia y

forma. Todos ellos, combinados de diferente manera, cumplen la función de comprometer a los alumnos en el proceso de la clase. Tal como lo plantea Anna Cros, el objetivo de los profesores en clase es, además de transmitir conocimiento con la máxima claridad, *“estimular y mantener el interés de los alumnos, implicarlos en sus explicaciones, enseñarles a defender un punto de vista, ayudarles a construir nuevos conocimientos, motivarles para aprender cosas a las que no tendrían acceso si estudiaran solos”* (Cros, 2002, p. 85).

En cada una de las clases analizadas podemos encontrar que el docente utiliza algunos o todos los recursos que mencionamos a continuación y esto configura un modo particular de enseñar que involucra a sus alumnos y los invita a participar del proceso.

Los recursos que encontramos, dentro de este grupo, son los siguientes:

- a. *Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as*
  - Preguntas retóricas
  - Preguntas de elicitación
  - Preguntas reactivas
  - Preguntas del profesor que promueven reflexión y construcción.
  - Preguntas genuinas del profesor sobre investigación
  - Preguntas del profesor para recuperar saberes compartidos
  - Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor
- b. *Lenguaje coloquial*
- c. *Uso particular de pronombres*
- d. *Desafíos y provocaciones*
- e. *Humor e ironía*
- f. *Presentación de los científicos en el discurso*

a. *Preguntas y respuestas del profesor y los alumnos*

Dentro de esta categoría se incluyen los diferentes tipos de preguntas que formula, principalmente, el docente. También las que formulan los alumnos a partir de las invitaciones explícitas o implícitas que realiza el profesor. Estas preguntas, con las respuestas que les siguen, generan un tipo de diálogo específico en cada clase, que la hace particular.

Al mismo tiempo son el medio para incluir distintas voces: la voz real de los alumnos, haciéndolos parte de las explicaciones; la voz de la ciencia, con sus interrogantes; la voz del propio docente, como guía del diálogo, como científico y también como sujeto que se hace preguntas sobre distintos fenómenos.

*b. Lenguaje coloquial*

El lenguaje asume diferentes formas en la clase. Para aprender a hablar ciencia es necesario utilizar su lenguaje, pero también encontrar los puentes con el lenguaje cotidiano para posibilitar la comprensión.

En las clases analizadas aparece además, una forma de lenguaje que es la que podemos denominar coloquial, que incluye términos vulgares y del *lunfardo*. Es un lenguaje que se utiliza fuera de las aulas, en ámbitos informales de interacción.

*c. Uso particular de pronombres*

A lo largo de las clases, algunos docentes hacen un uso particular de los pronombres personales, utilizando específicamente algunos de ellos.

*d. Desafíos y provocaciones*

Hay una forma de interacción que se encuentra en las clases analizadas que denominamos desafíos o provocaciones. Se refieren a la forma en que a veces el docente se relaciona con los alumnos, proponiéndoles situaciones que los hacen ir más allá de lo que esperarían o desearían. Y, por tanto, no asumen con facilidad y rapidez, sino que requieren que el docente los rete para que lo hagan.

*e. Humor e ironía*

Aparecen en las clases diferentes situaciones en las que el docente hace uso del humor y la ironía. A través de dibujos, chistes, frases, los docentes utilizan este recurso para involucrar a los alumnos en el proceso que se desarrolla en la clase.

*f. Presentación de los científicos en el discurso*

En muchas de las clases, se presenta a los científicos como personas comunes y corrientes, cercanas a los estudiantes. Esto se hace a partir del modo en que se los caracteriza o se describe su actividad.

#### **4.1.2. Recursos para presentar la ciencia.**

Dentro de estos recursos se incluyen las alusiones explícitas e implícitas a la concepción de la ciencia, a su historia, a los modos de construirla.

En las clases analizadas hemos encontrado diferentes elementos y énfasis que dan lugar a distintas maneras de enseñar Física en la universidad. Para todos los docentes observados, el conocimiento se construye, es fruto del trabajo de investigación en el que ellos mismos participan. Es en las diferentes formas de entender cómo se construye o quién lo construye (personas o grupos) y cómo se plasman en la enseñanza, donde se encuentran las diferencias.

Si bien en toda clase universitaria la ciencia es el objeto central de la clase, los diferentes recursos utilizados y las distintas formas en que se articulan son los que dan lugar a *buenas prácticas*, diversas, en la enseñanza de la Física.

Los recursos que reconocimos en las clases son:

- a. *Explicitación de supuestos y convenciones*
  - Lenguaje
  - Supuestos epistemológicos y cognitivos
  - "Oficio"
- b. *Legitimación del conocimiento*
  - Comunidad científica / Científicos relevantes
  - Experiencia propia del docente como investigador
  - Experiencias compartidas
  - Presentación de experimentos y demostraciones
  - Autoridad docente
- c. *Hablar ciencia*
  - Explicaciones narrativas
  - Explicaciones dialogadas
  - Historia de la ciencia
  - Lenguaje coloquial, matemático
- d. *Construcción de modelos*
- e. *Uso de metáforas y analogías*

a. *Explicitación de supuestos y convenciones*

A lo largo de las distintas clases se pueden encontrar explicitaciones que los docentes hacen en relación a diferentes aspectos propios de la ciencia y su proceso de construcción. En las distintas clases las explicitaciones pueden vincularse con aspectos distintos.

b. *Legitimación del conocimiento*

El conocimiento se legitima apelando a diferentes fuentes, y en algunas clases a más de una de ellas. La apelación puede ser explícita o se reconstruye a partir del análisis.

c. *Hablar ciencia*

En el discurso docente se plantean diferentes recursos para hablar ciencia. Algunos de ellos se refieren a la inclusión de relatos en la clase o la forma en que se narra la ciencia, otros remiten al uso de algunos episodios de la historia de la ciencia. A veces se habla a través del diálogo con los alumnos, y otra veces el profesor monologa usando recursos diafónicos.

d. *Construcción de modelos*

Otro de los recursos que se utilizan está vinculado al rol central que tiene en la ciencia, la construcción de modelos. En muchas de las clases los docentes aluden a este proceso, ejemplificándolo de diversas maneras y destacando el valor que tiene para el aprendizaje de sus alumnos, futuros científicos.

e. *Uso de metáforas y analogías*

Los docentes usan en sus clases, metáforas y analogías para hablar de la ciencia o de teorías o conceptos específicos. En algunos casos explicitan su uso y las razones de hacerlo, y en otros podemos reconocerlos como parte de las explicaciones que desarrollan.

Se presentan a continuación los 8 casos seleccionados, con las principales conclusiones obtenidas a partir del análisis del discurso en las clases. En la presentación de cada caso se incluyen: una descripción general de la clase, los diferentes recursos que el docente utiliza, explicando en qué consisten y qué función cumplen, y fragmentos del discurso como ejemplos de dichos recursos. El análisis de estos casos, la mirada multirreferencial y la reconstrucción de la complejidad que realizaremos luego, nos permitirán dar cuenta de algunas de las buenas prácticas que se llevan adelante en la enseñanza de la Física en la Universidad de Buenos Aires.

## **4.2. Caso 1**

### **4.2.2. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación corresponde a la materia *Física en el Ciclo Básico Común* de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración aproximada de 2 horas y 45', con un descanso de 10'. Participaron 50 alumnos.

En esta clase se trabajó sobre los conceptos de *Impulso y Cantidad de movimiento* a partir de una fórmula vista en una clase anterior. Se desarrollaron los conceptos y a través de varios problemas, se profundizaron y se reconocieron sus diferentes modos de abordaje.

Luego del descanso, se continuó trabajando sobre *Fuerzas impulsivas*, planteando una serie de conclusiones que surgen de su análisis y mostrando diferentes tipos de aplicaciones del concepto.

La clase finaliza con la resolución de un problema que, para el profesor, tenía el objetivo explícito de determinar el grado de comprensión de lo trabajado en la clase.

A lo largo de la misma se registra que los alumnos participan con atención, algunos intervienen y la mayoría trabaja en sus propios cuadernos, registrando lo que dice el docente, siguiendo los intercambios entre sus compañeros y el docente, haciendo sus propias resoluciones e interactuando con los compañeros cercanos.

#### **4.2.2. Análisis de la clase.**

##### **4.2.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.**

En esta clase se reconocen diferentes recursos utilizados por el docente para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase. Todos ellos favorecen su implicación en la tarea de construir conocimiento compartido en el aula, dando lugar a un modo particular de dialogar que estructura toda la clase.

Entre estos recursos encontramos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as.
  - a. Preguntas reactivas del profesor.
  - b. Preguntas del profesor que promueven reflexión y construcción.

c. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.

- Lenguaje coloquial.
- Desafíos y provocaciones.
- Humor e ironía.

4.2.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as

La clase está *teñida* por la interacción entre docentes y alumnos. Como se reconoce por el número de turnos en esta clase (388), la participación de los alumnos es central y es fruto de los recursos que utiliza el docente en la clase para involucrarlos. Cuando plantea una pregunta y no obtiene una rápida respuesta, espera o anima a los alumnos a que respondan.

A continuación presentamos los recursos que utiliza para lograrlo y ejemplos de los mismos.

a. *Preguntas reactivas*, son aquellas que se “formulan a raíz de una respuesta incorrecta o incompleta y que piden mayor reflexión” ([Vilà Santasusana](#), [Castellà](#), Comelles y [Cros](#), 2007, p. 109). Suponen un encadenamiento de preguntas y respuestas que favorecen el involucramiento de los alumnos, los hacen parte del discurso que construye el conocimiento.

En el marco de la resolución de problemas que se van desarrollando en la clase y que forman parte de una Guía de Problemas propia de la asignatura, el docente aborda los contenidos y va solicitando el aporte de los alumnos a partir de una serie de preguntas. Mientras se desarrolla este intercambio, el docente va escribiendo en el pizarrón lo que los alumnos le responden.

C1A11 P<sup>17</sup>: Eso. Velocidad uno. Bien ésta va a ser la velocidad uno, y ésta va  
5 a ser la velocidad 2, y esta la velocidad final. Entonces velocidad uno es igual, dale.

C1A11 A6: Velocidad cero más aceleración

6 P: Velocidad cero más aceleración, bueno la aceleración ¿cuánto es?

C1A11 A7: Menos.

7 P: ¿Diez o menos diez?

C1A11 A7: Menos diez, depende del eje.

8 P: Sonamos, otra vez nos olvidamos de poner el eje. Bueno entonces

C1A11 ¿cómo ponemos el eje?

9 A2: Para abajo.

C1A12 P: ¿Para arriba? Pongámoslo para arriba como hicimos siempre, y  
0 después en el parcial vino para abajo, ¿se acuerdan? Bueno, si lo

C1A12 ponemos para arriba, entonces esto es menos diez metros sobre  
1 segundos. Muy bien, listo ¿qué más?

A2: Altura.

C1A12 P: Altura.

2 A2: Igual altura inicial.

C1A12 P: Igual altura inicial. Bueno pongámosle nombre a esto porque si  
3 no... es y igual sub cero.

A2: Más velocidad inicial por tiempo. P: Más velocidad inicial, tiempo,  
cien metros sobre segundo al cuadrado, tiempo al cuadrado.

C1A12 A3: Sobre dos.

4 P: Sobre dos, ¿sí?

C1A12 A3: El v sub cero no se usó.

5 P: El v sub cero todavía no lo reemplazamos. ¿En v sub cero que  
C1A12 tendría que poner?

6 A6: Menos tres.

C1A12 P: Menos tres. Está bien. Como yo puse el eje positivo para arriba en v  
7 sub cero hay que poner menos tres. Bueno ilisto!

C1A12

8

C1A12

9

C1A13

---

<sup>17</sup> La letra P indica al profesor y el resto de las letras con que se inicia cada turno (A, B, C, etc.), remite a los distintos alumnos que participan en la clase.

0

C1A13

1

C1A13

2

C1A13

3

C1A13

4

C1A13

5

A través de las preguntas y respuestas van completando la fórmula que permite resolver el problema. El profesor pide al alumnado que vayan planteando los términos necesarios, que los revisen y los completen. Mediando el intercambio, la interrogación es implícita: el “¿qué más?” se convierte en breves intervalos de silencio y miradas que *esperan* la respuesta para seguir completando la fórmula.

Este intercambio se produce entre el docente y dos alumnos, mientras los demás participan registrando en sus propios cuadernos lo que se va planteando.

En el resto de los intercambios varía el número de alumnos y quiénes son los que participan en ellos, de modo tal que, a lo largo de la clase, se van involucrando directamente diferentes alumnos. Tal como se reconoce en el registro observacional realizado, el resto de los estudiantes participa siguiendo las interacciones, tomando nota de las mismas, resolviendo los problemas e intercambiando brevemente con los compañeros cercanos sobre lo que dicen el profesor y los alumnos que intercambian con él.

En el fragmento que se plantea a continuación, el docente les pide que analicen el resultado obtenido en uno de los problemas resueltos en la clase y utiliza las preguntas para que profundicen en las razones. Esto le permite no sólo saber cuáles son los conocimientos que están construyendo los alumnos y darles retroalimentación, sino que los ubica en el lugar de *participantes necesarios* del proceso.

C1A18 P: Y fíjense que otra vez, ¿está bien que sea positivo?  
3 A7: Sí.  
C1A18 P: O mejor dicho, ¿se puede predecir el signo de antemano?  
4 A7: Sí.  
C1A18 P: ¿Sin saber en detalle cuál fue la fuerza y el tiempo y esas cosas? ¿Por qué  
5 sí?  
C1A18 A7: Porque el impulso lo que hace es cambiar de sentido.  
6 P: Exactamente, muy bien. La pelota venía así, y después sale así.  
C1A18  
7  
C1A18  
8  
C1A18  
9

El docente no se conforma con respuestas acotadas, busca que éstas muestren realmente lo que subyace a las mismas. No alcanza con un “sí”, es necesario que se planteen las razones.

Los diálogos que se generan a partir de estas preguntas no sólo tienen una función cognitiva. El docente no sólo logra que el alumno recupere información con la que ya contaba o construya una respuesta más completa, sino que le da lugar para que asuma la responsabilidad en la resolución del problema que se está planteando: “¿qué más?”, “¿En v sub cero que tendría que poner?”

El uso constante de este tipo de preguntas posibilita la construcción de una manera particular de abordar los contenidos, a través del cuestionamiento constante a las afirmaciones que se realizan. El docente *modela* y *andamia* la construcción de conocimiento a través del uso constante de preguntas.

b. *Preguntas del profesor que promueven reflexión y construcción.* Estas preguntas pretenden ir más allá de la información puntual, de respuestas limitadas, para favorecer procesos cognitivos más complejos que la mera recuperación de información almacenada en la memoria.

Estas preguntas en general se plantean en el marco de situaciones hipotéticas que suponen un problema a resolver. En el fragmento que sigue, les

propone la construcción de un ejemplo sobre el contenido que están trabajando y para ello les pide que piensen cómo responderían a dos casos concretos.

C1A244 *P: supongamos que tenemos un tipo en una pista de hielo. De tal manera que resbala perfectamente, o sea, rozamiento cero. ¿Está bien? O si quieren algo más dramático, imagínense un astronauta, en el medio del espacio, suspendido en el medio del espacio.*

C1A246 .....

*P: Imaginémonos que esta persona se quiere mover, ¿cómo puede hacer*

C1A247 *para moverse? No lo sé.*

C1A248 *A9: Tirar para abajo.*

*P: A ver, ella dice tirar para abajo.*

C1A249 *[Risas]*

C1A250 *A10: Para adelante*

C1A251 *A4: Para atrás.*

*P: Sin tirar al hombre, y lo mismo vale para el astronauta suspendido en*

C1A252 *el espacio sideral. Se quiere mover, ¿qué puede hacer?*

C1A253 *A5: Saltar.*

*P: Saltar. Acá hay una idea, saltar. Si salta, se mueve, bárbaro, pero quería ir para el costado, quería salir de la pista, no quería... Se puede*

C1A254 *mover para arriba y para abajo, muy bien. ¿Y éste? ¿Éste si salta qué*

C1A255 *pasa?*

C1A256 *A5: Nada.*

C1A257 *A7: Puede flotar.*

C1A258 *P: Quiere moverse, quiere irse, quiere tomar la leche! Bueno ¿y?*

C1A259 *¡Vamos!*

C1A260 *A10: ...*

*P: ¿Cómo, cómo?*

*A3: ...*

*P: Puede ser un cometa, ¿no? No tiene garantizado que vaya a llegar. Bueno. Fíjense lo que acabamos de describir. Lo que acabamos de describir es que, ponerse en movimiento claramente es cambiar su cantidad de movimiento, es pasar de tener velocidad cero acá, a tener velocidad distinta de cero. Entonces una persona, ese cuerpo, para ponerse en movimiento lo que tiene que cambiar es su cantidad de movimiento. Ahora por lo que acabamos de ver, un cuerpo solamente puede cambiar su cantidad de movimiento si actúa sobre él una fuerza.*

C1A261 *El hecho de que actúe sobre él una fuerza, necesariamente tiene que*

C1A262 *estar asociado a que interactúa con otro cuerpo, ¿de acuerdo? Por lo*  
C1A263 *tanto, ni el patinador, ni el astronauta se pueden poner en movimiento a*  
C1A264 *menos que interactúen con otro cuerpo de tal manera de, ellos cambiar*  
*su cantidad de movimiento, que el otro cuerpo la cambie en*  
*exactamente la misma cantidad pero para el otro lado y así, moverse.*

*A5: Tirar la ropa.*

*P: Sí, ¿perdón? ¿Cómo?*

C1A265 *A5: Por eso tirando la ropa se mueve.*

C1A266 *P: Claro, ves, esto es una buena idea, porque fíjense, éste no puede*  
C1A267 *hacer nada, ¿entienden? Si hace así con los brazos, no sirve, si hace así*  
*con los pies, no sirve, no hay nada que pueda hacer que lo ponga en*  
*movimiento. Entonces ella dice qué pasa si el tipo... bueno, qué pasa si*  
*el tipo se saca el pulóver y lo tira. Arroja el pulóver. Entonces ¿qué*  
*pasa?*

*A5: Se va para atrás.*

*P: Claro, muy bien. Ahora éste es el cuerpo A, el pulóver es el cuerpo B.*  
*¿Está bien?*

*A: Por eso, cuando arroja la ropa se mueve.*

El docente pregunta y, frente a respuestas que no son adecuadas, vuelve a preguntar, replantea, completa o modifica la situación. Como se observa en el turno 260, explica un concepto y da lugar a nuevas respuestas de los alumnos y a nuevas preguntas para promover la comprensión.

En el siguiente fragmento, ya casi finalizando la clase, el docente propone un nuevo problema y a través de las preguntas que plantea va recuperando los conocimientos de los alumnos y poniéndolos a prueba con nuevas preguntas o aportando nuevos datos que recortan el problema.

C1A350 *P: ...Yo les cambio el problema y les pregunto, ¿cuál es la velocidad del*  
*bloque después de ser atravesado por la bala? Bueno, soy todo oídos y*

C1A351 *tenemos 5 minutos.*

C1A352 *A: [no se escucha la respuesta]*

*P: Bueno, escucho. ¿Con rozamiento o sin rozamiento? Bueno, con*

C1A353 *rozamiento. Total tenemos 3 minutos.*

C1A354 *A: [no se escucha la respuesta]*

C1A355 *A5: Depende de cuánto sea la masa de B, si es muy dura la masa...*

*P: ¿Depende de cuánto es la velocidad de la masa de B? No sé si es*

- muy dura, lo que sé es que la bala la atravesó y después de salir de*
- C1A356 *nuevo, o sea la bala pudo salir y tenía una velocidad de 100 metros sobre segundo, así que es bastante.*
- C1A357 *A5: Pero entonces vas a decir que la velocidad de B es igual a la masa*
- C1A358 *de A por la velocidad de A, sobre masa de B.*
- C1A359 *P: No.*
- A5: ¿Por qué?*
- C1A360 *P: Ah mira. Él dice que la velocidad de B es masa de A sobre*
- C1A361 *masa de B por velocidad de B, ellos dicen esto, ¿está bien?  $v_B = m_A /$*
- C1A362  *$m_B v_A$*
- C1A363 *A6: Al revés. Velocidad de A.*
- C1A364 *P: Es como el pulóver y el gordo. ¿Está bien esto?*
- C1A365 *A5: No, hay una variación en la velocidad.*
- C1A366 *P: ¿Por qué? ¿Cuál es la variación?*
- A5: Que cuando entra al bloque se frena la velocidad.*
- A6: Y, ¿hay que hacerlo entonces antes de entrar al bloque y después de salir del bloque?*
- P: ¿Qué les parece, buena idea esa? ¿Hacemos antes de entrar al bloque y justo después de que salga? ¿Está bien? Justo antes y justo después, ¿qué les parece? Dale que nos van a echar. ¿Les parece buena esta idea?*

Las preguntas del docente que se plantean en este intercambio, consiguen que los alumnos construyan respuestas que requieren cierta reflexión, ir más allá de la *información dada* (Bruner, 1988). Aunque no sean siempre de gran complejidad, se requiere la construcción de respuestas que sean específicas para esa situación.

A pesar de ser al final de la clase y con premura por dejar el aula para la clase siguiente, el docente sigue preguntando y proponiendo que analicen las respuestas dadas por los propios compañeros. Los alumnos permanecen en el aula hasta que el docente termina la clase. Esto da cuenta del involucramiento que logra este modo de enseñar ya que los alumnos suelen retirarse unos minutos antes de la hora de finalización para poder llegar a la clase siguiente.

c. *Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.* En esta clase, los alumnos intervienen no sólo respondiendo las *preguntas* del docente sino también formulándolas. Consideramos que la posibilidad de preguntar se

relaciona con el clima de aprendizaje que promueve el docente a través de algunos recursos que desarrollaremos más adelante y del tipo de intercambios que generan las preguntas que realiza.

Podemos destacar dos tipos de preguntas formuladas por los alumnos que predominan en el discurso. El primero consiste en las que podemos denominar preguntas de clarificación. Tienen, en esta clase, la finalidad de clarificar la información provista por el docente (oralmente o en el pizarrón) que no es coherente con la propia. El alumno solicita que se confirme o explique lo planteado.

En el fragmento que sigue, la pregunta del alumno da cuenta del compromiso del alumno con el desarrollo que está realizando el docente en el pizarrón, ya que va siguiendo paso a paso lo que el docente escribe:

C1A136 A7: *¿No es menos diez?*

C1A137 P: *¿Dónde?*

C1A138 A7: *Ahí en la aceleración...*

En este caso, el alumno está equivocado y esta pregunta permite al docente clarificar un punto que no ha quedado claro.

En el ejemplo que sigue, encontramos la pregunta de un alumno que solicita aclaración respecto de la nomenclatura. Tal como plantea el docente, se va a utilizar una letra que los alumnos suelen usar para referirse a otro objeto y el estudiante quiere saber cómo van a denominarlo para evitar confusión. La respuesta del docente muestra que es un problema que habrá que considerar y aclara que está utilizando la nomenclatura que aparece en los libros.

C1A P: *A esta cantidad  $p$  la llamamos cantidad de movimiento del cuerpo.*

1 A1: *Y ¿el peso?*

C1A P: *¿Cómo?*

2 A1: *¿El peso?*

C1A P: *¿Cómo? ¿Con  $P$  mayúscula? Por  $m$  por  $g$ . Qué sé yo, ya me las ingeniaré. ¿Está bien? La cuestión es que en todos los libros de todo el*

C1A *planeta que usan el alfabeto nuestro, usan  $p$  para esa cantidad así que yo no puedo cambiarlo.*

C1A

Estas preguntas que surgen por iniciativa de los propios alumnos y que se refieren a lo que se va planteando, dan cuenta del involucramiento en la clase. Esto supone ir siguiendo el desarrollo de los contenidos que va realizando el docente y es posible además por el uso del soporte escrito y gráfico que permite el pizarrón.

El segundo tipo de preguntas que plantean los alumnos, es el que se refiera a preguntas que pueden denominarse *genuinas*. Son las que surgen en el proceso de comprensión en el que están involucrados durante la clase y buscan una información que desconocen y que no ha sido planteada por el docente, o son sugerencias encubiertas para probar otras posibilidades de solución.

En el caso que sigue, el docente plantea un problema para el que pide una solución y uno de los alumnos plantea una pregunta que da cuenta del proceso constructivo que está desarrollándose y que anticipa un punto que el docente quiere discutir a continuación.

C1A273 A1: *¿No depende de la masa?*

C1A274 P: *Ah! ¡Momento, momento! Bueno justamente, lo vamos a ver.*

En el fragmento que sigue, frente a una pregunta planteada por el docente para avanzar en la resolución de un problema, uno de los alumnos hace una propuesta de abordaje que, en forma interrogativa, supone una construcción propia, un desarrollo alternativo, para abordar la situación.

C1A45 P: *Entonces ahora ¿cómo es la cantidad de movimiento inicial del*

C1A46 *cuerpo?*

A3: *¿No podemos tomar un eje torcido como tomábamos antes?*

Este tipo de preguntas de los alumnos da cuenta de las construcciones que van realizando, recuperando saberes previos y utilizándolos para resolver situaciones nuevas.

La mayor parte de las intervenciones de los alumnos son para responder preguntas del docente. Como hemos planteado, éstas son de diferente tipo y, por

tanto, promueven diferentes tipos de respuesta. Los alumnos intervienen también con algunas preguntas como hemos visto previamente. ¿Qué hace el docente frente a las preguntas, respuestas y comentarios de los alumnos? Actúa, fundamentalmente, de 3 maneras diferentes, y todas ellas recuperan y valoran los aportes de los alumnos, los incluyen en el desarrollo de la explicación y permiten que el docente siga construyendo su discurso desde allí.

En primer lugar, una de las maneras de responder del docente es tomar en cuenta la pregunta-sugerencia del alumno para ver las consecuencias de la propuesta:

C1A46 A3: *¿No podemos tomar un eje torcido como tomábamos antes?*

C1A47 P: *Hagámoslo, veamos el resultado y después preguntémonos qué pasaría. La cantidad de movimiento inicial ¿cómo se calcula?*

Esta actitud del docente, muestra a los alumnos que sus aportes son valiosos, que pueden ser recuperados para avanzar en el desarrollo de los contenidos. Y habilita, entonces, la formulación de nuevas preguntas, comentarios y propuestas.

En segundo lugar, el docente reconoce con “nombre propio” a los que hacen los aportes. Personaliza las respuestas, destacando de esta forma a quienes las dan y haciéndolos parte del proceso de construcción del conocimiento en la clase.

C1A33 P: *O sea del vector y que le pusimos nombre a pedido de... ¿cómo era*

C1A34 *tu nombre?*

C1A35 A2: *Micaela.*

C1A36 P: *Micaela. Bueno ¿qué hago?*

C1A37 A2: *Pero no importa.*

P: *Muy bien, no importa.*

Y como vemos en el fragmento anterior, busca mantener a los alumnos involucrados solicitando explícitamente sus aportes en el desarrollo temático.

En tercer lugar, reconoce las buenas respuestas y las utiliza para seguir adelante con la explicación:

C1A86 *P: ... por lo tanto la única fuerza que actúa es el peso. Muy bien. Salvo cuando llega al piso, cuando llega al piso ¿qué pasa?*

C1A87 *A2: Se activa la normal de la tierra a la pelotita.*

C1A88 *P: Perfecto, mejor no lo podría haber dicho. ¿Está bien? O sea, actúa la normal. O sea, la fuerza que ejerce el piso, que evita que la pelota siga bajando. ¿De acuerdo?*

No es un reconocimiento “de compromiso”, sino que va incorporando el aporte de los alumnos en el desarrollo que va realizando. No es un *paréntesis* que el docente abre y cierra para luego seguir con el hilo de su propio discurso, sino que forma parte del mismo. Como se observa en el siguiente fragmento, el docente está desarrollando una explicación que retoma los aportes planteados previamente, interviene entonces un alumno que sigue pensando en el problema propuesto y aporta una solución. El docente no sólo lo retoma sino que continúa la clase a partir de ese aporte.

C1A260 *P: ...Por lo tanto, ni el patinador, ni el astronauta se pueden poner en movimiento a menos que interactúen con otro cuerpo de tal manera de, ellos cambiar su cantidad de movimiento, que el otro cuerpo la cambie en exactamente la misma cantidad pero para el otro lado y*

C1A261 *así, moverse.*

C1A262 *A5: Tirar la ropa.*

C1A263 *P: Sí, ¿perdón? ¿Cómo?*

C1A264 *A5: Por eso tirando la ropa se mueve.*

*P: Claro, ves, esto es una buena idea, porque fíjense, éste no puede hacer nada, ¿entienden? Si hace así con los brazos, no sirve, si hace así con los pies, no sirve, no hay nada que pueda hacer que lo ponga en movimiento. Entonces ella dice qué pasa si el tipo... bueno, qué pasa si el tipo se saca el pulóver y lo tira. Arroja el pulóver.*

Las preguntas son, en sus distintas formas, las que posibilitan el diálogo y desde éste es posible favorecer la construcción del conocimiento. La relación dialógica es indispensable al conocimiento, planteaba Pablo Freire (1997, p. 109) y, en el marco de esta clase, el docente lo promueve incluyendo la voz real de los alumnos, generando un tipo de interacción que necesariamente los implica porque espera sus respuestas (el docente no usa casi preguntas retóricas, excepto “¿está bien?” que es en realidad una muletilla) y los compromete en el proceso de explicación dialogada que va desarrollando.

Por otra parte, el modo particular de recuperar la palabra de los alumnos que utiliza el docente en esta clase, permite construir interacciones diferentes a las propias de la secuencia IRE. No es sólo preguntar-responder-evaluar, los roles habituales se modifican: la palabra de los alumnos es valiosa, se hace necesario escuchar a los compañeros, no sólo hay que registrar lo que dice el profesor<sup>18</sup>. Éste escribe lo que los alumnos dicen, recupera sus propuestas, pide a todos análisis y contra-argumentación o fundamentación de lo que plantea un compañero.

C1A365 A6: *Y, ¿hay que hacerlo entonces antes de entrar al bloque y después de salir del bloque?*

C1A366 P: *¿Qué les parece, buena idea esa? ¿Hacemos antes de entrar al bloque y justo después de que salga? ¿Está bien? Justo antes y justo después, ¿qué les parece? Dale que nos van a echar. ¿Les parece*

C1A367 *buena esta idea?*

C1A368 A6: *Sí.*

*P: Justo antes y justo después Bueno, bárbaro...*

Como vemos en el fragmento anterior, las preguntas-sugerencia de los alumnos son centrales para avanzar en la construcción.

#### 4.2.2.1.2. Lenguaje coloquial.

Hablar ciencia con un lenguaje llano, cercano al de los alumnos, alude, en el análisis de esta clase, a la utilización de términos coloquiales que configuran un discurso *amigable*, que trae el mundo exterior al aula y da cuenta de la posibilidad de que los alumnos también se acerquen al conocimiento científico.

En el fragmento que sigue el docente sintetiza algunas de las cuestiones planteadas en la clase y utiliza un lenguaje llano, con terminología muy coloquial y hasta *lunfarda*.

C1A311 P: *Fantástico. Perfecta la explicación. Ven, nosotros empezamos toda esta discusión diciendo qué pasa cuando todos los pares de acción y reacción están contenidos en aquello que yo quiero estudiar. Justamente acá está lo que ustedes dicen, si el imán hace sobre la silla de hierro una fuerza hacia allá por el principio de acción y*

---

<sup>18</sup>En el registro observacional, es posible reconocer la atención que la mayoría de los alumnos ponen a los aportes de sus compañeros.

*reacción la silla hace sobre el imán una fuerza hacia allá. Por lo tanto, a lo sumo lo que puede pasar es que se estrole contra el piso pero el bote ni se entera de lo que está pasando. En cambio ¿qué pasa en este caso? Un paraguayo con un sombrero de paja paraguayo que lleva un cargamento de naranjas. Entonces digo bueno para moverme agarro una naranja y la lanzo ¿se mueve? ¿Logra algo el tipo?*

Lo mismo sucede en los dos fragmentos que siguen: el docente utiliza términos o frases muy coloquiales, en el marco de la explicación científica, que generan un clima distendido de trabajo.

C1A329 *P: Chau, se pudre. O sea que, si el principio del vuelo es, esta es una duda muy interesante, bueno, no sé a ustedes qué les parece, si el principio del vuelo es, que uno mediante un motor, una hélice, una turbina, lo que sea, logra empujarse con el aire, con la ayuda del aire, cómo hace uno para moverse afuera de la atmósfera. Los que ya vieron la película... [Risas] ¿Cómo hace uno?, porque acá no tienen como empujarse, no tienen a quien transferirle la cantidad de movimiento opuesto a la que uno quiere adquirir.*

C1A388 *P: ... Ven, es un tiempo de morondanga o sea lo que haga la fuerza de rozamiento durante un tiempo tan cortito me lo puedo olvidar tranquilamente.*

La ciencia, entonces, se presenta mediada por un lenguaje que apela a la cotidianeidad. Tal como plantea Jay Lemke, para aprender a “hablar ciencia” es necesario tender puentes entre el lenguaje coloquial y el científico: “es de tres a cuatro veces más probable que los alumnos estén muy atentos en el aula ante un habla científica «humanizada» que ante un habla científica «normal».” (1997, p.148)

#### 4.2.2.1.3. *Desafíos y provocaciones del docente.*

En esta clase se utilizan también como recurso para involucrar a los alumnos, ciertos desafíos o provocaciones, invitaciones a hacer, a pensar sobre los contenidos que se están desarrollando.

C1A135 *P: Bueno mientras ustedes lo hacen yo voy a hacer otra cosa yo voy*

*a usar la energía mecánica y vemos quién gana. Dale, métanle.*

....

C1A P: *¿Terminaron los otros?*

145 A9: *Si, pero lo saqué mal.*

C1A P: *[Risas] Ven listo, chau. La cinemática es complicada, aburrida, las*  
146 *formulas acá, teníamos que despejar el tiempo, ¿de acuerdo? Si me*  
C1A *hubiesen pedido cuánto tarda en llegar acá, bueno no tenía otro*  
147 *remedio, pero como lo que me pedían era la velocidad acá abajo,*  
*chau, energía. ¿Si? Bien, no le tengan miedo a la energía. ¿Está?*  
*Bien, la cinemática no digo que está mal, pero tardas más y es más*  
*fácil de equivocarte. La energía bárbaro, así que bueno, listo.*

Mientras el docente junto con algunos alumnos va resolviendo el problema, utilizando “energía”, otros lo resuelven utilizando “cinemática”. El docente no considera que los alumnos no puedan resolver el problema, por el contrario, considera que son capaces de hacerlo, pero el método que utilizan es más lento y complicado y por eso él puede resolverlo antes.

Estas provocaciones implican a los alumnos porque los invitan a poner en juego sus propias estrategias en la resolución de los problemas. Se observa en la clase, que un grupo de alumnos trabaja de manera independiente para poder encontrar el resultado.

Al finalizar la clase, el docente propone la resolución de un último problema y va marcando el ritmo, para que los alumnos lo resuelvan.

C1A35 P: *Yo les cambio el problema y les pregunto, ¿cuál es la velocidad del*  
0 *bloque después de ser atravesado por la bala? Bueno, soy todo oídos y*  
*tenemos 5 minutos.*

....

C1A35 P: *Bueno, escucho. ¿Con rozamiento o sin rozamiento? Bueno, con*  
2 *rozamiento. Total tenemos 3 minutos.*

....

C1A36 P: *¿Qué les parece, buena idea esa? ¿Hacemos antes de entrar al*  
6 *bloque y justo después de que salga? ¿Está bien? Justo antes y justo*  
*después, ¿qué les parece? Dale que nos van a echar. ¿Les parece*  
*buena esta idea?*

A6: *Sí.*

El desafío de resolver el problema planteado, logra comprometer a los alumnos que permanecen hasta llegar a la solución.

#### 4.2.2.1.4. *El humor y la ironía*

Hay, en esta clase, un uso constante del humor que genera un clima distendido, una camaradería que incluye a los estudiantes y posibilita el diálogo. Estamos de acuerdo con [Vilà Santasusana](#) y otros (2007) cuando afirma que:

La presencia y las consecuencias del humor en las situaciones de clase se han investigado en numerosos trabajos que demuestran empíricamente que existe una relación significativa entre el uso del humor por parte de los docentes y la creación de un clima cooperativo en el aula, la motivación de los estudiantes, la percepción de proximidad que tienen del profesor o la profesora y la facilitación del aprendizaje. (p. 72)

Presentamos algunos ejemplos que dan cuenta de estas afirmaciones en la clase analizada. En el primero de ellos, el docente dibuja en el pizarrón el siguiente gráfico:

Y plantea al alumnado:

C1A5 *P: Entonces, vamos a ver. ¿Alguien sabe qué es esto?*

C1A6 *As: No.*

C1A7 *P: Un mejicano en bicicleta, por supuesto. [Risas de los alumnos] ¿Está bien? Visto desde arriba. ¿De acuerdo?*

Esto da pie para completar una recomendación respecto del abordaje del problema que están analizando, que es observar desde arriba la situación. Esto se plantea en los momentos iniciales de la clase lo que da un tono diferente a lo que sigue.

En el siguiente fragmento el docente plantea una situación hipotética que genera risas y sonrisas en los alumnos porque los incluye en la historia como “alfeñiques”, alumnos de Física, flacos que deben enfrentar a un hooligan del fútbol inglés. El docente interpreta la situación utilizando una entonación que hace reír a los alumnos.

C1A28 5 *P: Imaginemos esta situación: estudiante de Física del CBC que va a pelear con [Risas de los alumnos] alguien que no vamos a nombrar porque alguien se puede ofender ¿sí? Así que éste es un estudiante de física ¿qué cuánto puede pesar? Ustedes cuánto pesan... 60. Y este es un barra brava de Inglaterra así nadie se enoja que tiene una masa de 180 ¿está bien? Analicemos las chances de uno y del otro en un encuentro de mala manera. No se van a pegar porque no exageremos pero se van a pegar mutuamente un empujón... Entonces la pregunta es cómo es esta situación para el alfeñique de esta facultad y el barra brava. El alfeñique es el cuerpo A y el barra brava el cuerpo B. Entonces el alfeñique dice “mejor no lo empujo porque no voy a poder ni moverlo” y el barra brava dice “yo sí lo empujo total va a salir volando y yo ni me muevo”.*

En el fragmento que se presenta a continuación, el docente plantea una situación en la que se recorta un elemento de uno de los problemas desarrollados previamente en la clase: la ropa del protagonista de la situación analizada, que se proponía como opción para que moverse. De ahí la sugerencia del docente que provoca la risa de los alumnos:

C1A307 *P: Bueno a ver imagínense que tenemos otra vez tenemos un río un bote una persona desnuda [risas de los alumnos] así se dejan de jorobar con la ropa y el tipo tiene en el bote una silla de hierro entonces el tipo dice: “bueno agarro mi caña de pescar cuelgo acá un imán el imán atrae al hierro y entonces el bote se pone en movimiento”.*

Algunos investigadores plantean que “Una de las formas más directas y efectivas de aumentar la proximidad y de conseguir una buena relación en clase consiste en generar un sentimiento de complicidad” ([Vilà Santasusana](#) y otros, 2007, 69) y para ello, las estrategias más utilizadas son la implicación de los estudiantes, el feedback positivo y el humor. Se apela también a la ironía, lo que

en otro tipo de clase, con otra entonación u otro clima, podría ir en contra de la construcción compartida de conocimiento. Tal como plantean [Vilà Santasusana](#) y otros (2007):

Los estudios sobre la ironía suelen considerar que esta estrategia implica siempre una crítica dirigida contra alguien: el destinatario, una tercera persona, una situación o el propio orador –algunos autores llegan a afirmar que la ironía es un recurso para ser descortés sin parecerlo-, pero sirve también para reactivar un acuerdo sobre valores compartidos entre el emisor y el destinatario. La distancia irónica propicia una aproximación al receptor del mensaje, que es invitado a participar en un juego de ingenio interpretativo. En clase, puede suponer una valoración positiva de estudiante que, en tanto que «captador» o «cómplice» del juego, es tratado como una persona inteligente, como un adulto inteligente. (p. 74)

En el marco de esta clase, la ironía responde a este último sentido, ya que consigue involucrar a los alumnos en el proceso de la clase. Crea una complicidad en la que el centro de atención varía y puede referirse a dos “objetos”:

- La propia disciplina.

C1A311 *P: En cambio, ¿qué pasa en este caso? Un paraguayo, con un sombrero de paja paraguayo, que lleva un cargamento de naranjas. Entonces digo, bueno para moverme agarro una naranja y la lanzo,*

C1A312 *¿se mueve? ¿Logra algo el tipo?*

C1A313 *A7: Tiene que tener muchas naranjas...*

C1A314 *P: Es el río ideal. Como a ustedes ya les dije esto es física. [Risas]*

C1A315 *A8: Se mueve pero muy poco.*

*P: Claro, pero ¿se mueve o no se mueve? Claro, se mueve, porque si la naranja lleva un cierto impulso, perdón, una cierta cantidad de movimiento hacia allá, lo que quedó, o sea esta otra parte tiene que llevar esta cantidad de movimiento hacia allá. Por lo tanto, se movió. Si se quiere mover más rápido ¿qué tiene que hacer?*

El conocimiento físico trabaja con objetos ideales, con simplificaciones que permiten analizar las relaciones entre variables. La ironía permite recordar esto y

distanciar las situaciones reales de las que se analizan en clase. Los alumnos captan el mensaje de la ironía y responden en consecuencia.

- La juventud de los alumnos y su falta de conocimiento y de experiencia sobre algunos temas. El docente dibuja en el pizarrón un avión a hélice mientras formula la pregunta que sigue y señala las hélices:

C1A31 P: *¿Ustedes saben que hace muchos años existían unos aviones a hélice? ¿Sí? ¿Ustedes saben? ¿Eso dando vueltas puede hacer avanzar al avión?*

El docente ironiza sobre este conocimiento que los alumnos desconocerían por su edad.

#### **4.2.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

En esta clase el docente despliega una serie de recursos que dan lugar a un modo particular de presentar a la ciencia, lo que configura a la clase de una manera particular. Estos son:

- Explicitación de supuestos y convenciones.
- Legitimación del conocimiento a través de la presentación de científicos relevantes.
- Hablar ciencia, a través de la explicación dialogada y el lenguaje coloquial.
- Construcción de modelos.

##### *4.2.2.2.1. Explicitación de supuestos y convenciones.*

La ciencia no es un conocimiento acabado cuya comprensión sea accesible y sencilla para quienes se acercan a él. A lo largo de la historia de construcción del conocimiento, las comunidades científicas llegan a ciertos consensos que pasan, luego de un tiempo, a convertirse en implícitos para quienes ya forman parte de esa *tribu* (Becher, 2001). El ingreso a un campo de conocimiento supone el reconocimiento de su lenguaje, sus reglas, sus personajes centrales, esos saberes tácitos o lo que David Perkins denominaría el *juego oculto* (2010).

En esta clase encontramos que el docente explicita ciertos supuestos y convenciones, dando cuenta de que la construcción del conocimiento es fruto de una serie de consensos (y disensos) que es necesario reconocer.

Esta explicitación se refiere a 4 aspectos diferentes:

- a. El lenguaje.
- b. Acuerdos consolidados.
- c. Simplificaciones.
- d. El "oficio" del investigador.

a. En primer lugar, encontramos explicitaciones vinculadas al *lenguaje*, a aspectos terminológicos. En el fragmento que sigue, el docente explica el por qué de la utilización de una letra determinada para identificar un concepto.

C1A P: *La cuestión es que en todos los libros de todo el planeta que usan el*  
5 *alfabeto nuestro usan p para esa cantidad así que yo no puedo*  
*cambiarlo. En fin, tenes razón, pero bueno.*

La aclaración surge frente a la pregunta de un alumno que supone que la *p* es más adecuada para referirse al *peso* y utilizar la misma letra para referirse a la cantidad de movimiento puede resultar confuso.

En el segundo ejemplo el docente explica el por qué de un cambio de nomenclatura y las razones por las que utiliza una y no otra:

C1A P: *Como la palabra cantidad de movimiento es muy larga a veces la*  
5 *gente en vez de llamarla cantidad de movimiento la llama impulso. Así*  
*que en este curso vamos a tratar de ser prolijos y llamarla siempre*  
*cantidad de movimiento. Pero van a ver que en los cursos siguientes de*  
*la facultad la van a llamar impulso.*

b. En segundo lugar, se explicitan *acuerdos* que se han ido consolidando y subyacen a las explicaciones científicas que se presentan en la enseñanza:

C1A5 P: Y de hecho la palabra “cantidad de movimiento” es una palabra inventada por Newton, es un concepto inventado por Newton cuando escribió sus famosas leyes de Newton. Y de hecho acá les voy a confesar hemos estado mintiendo. Newton no decía fuerza igual a masa por aceleración Newton decía fuerza igual: cambio de la cantidad de movimiento dividido el intervalo de tiempo. ¿De acuerdo? Bueno muy bien. Por supuesto, hecha esta observación... Ah! otra cosa importante. Entonces primero es importante el concepto de cantidad de movimiento.

El docente explica la existencia de un acuerdo que supone la sustitución de algunos términos de una de las ecuaciones de Newton: se utilizan términos desarrollados posteriormente en esa ecuación inventada por él. Muestra que la comunidad científica construye ciertos consensos que articulan conocimientos de diferentes momentos históricos, fruto de diferentes investigadores, pero que posibilitan mejores formulaciones de ciertos principios teóricos. Y lo plantea de manera dramática (*les voy a confesar: hemos estado mintiendo*), como quien cuenta un secreto, con lo que logra un contacto emocional directo con los alumnos. El tono emocional implica muy directamente a los participantes.

c. En tercer lugar, se explicitan las *simplificaciones* que es necesario realizar para construir teoría, permitiendo que los alumnos se acerquen a los problemas de manera más sencilla y haciéndolos partícipes de sus implicaciones.

C1A8 P: Esto está describiendo una situación muy real. Bien. Entonces ¿qué ocurre acá? ¿Cómo es el movimiento?

A1: Vertical.

C1A8 P: Exacto. Es un movimiento vertical, cae, llega al piso, y cuando llega al piso ¿qué pasa? O sea, mientras está en el aire, bajando, ¿qué

C1A8 fuerzas actúan sobre la pelotita?

4 A2: Peso.

P: El peso, ¿está bien? Como todos sabemos en este planeta no hay

C1A8 aire...

5

C1A8

6

El fragmento anterior muestra una contradicción importante: se plantea que se trata de *una situación muy real* y, al mismo tiempo, se trata de una situación idealizada (un planeta sin aire, donde no hay rozamiento). En este sentido, esta explicitación da cuenta del modo de construcción de la Física, que modeliza situaciones cotidianas para poner en juego sus principios teóricos.

d. En cuarto lugar, se explicita también el por qué de algunas acciones, se muestra el *oficio*. Los expertos en un campo, operan utilizando una serie de *atajos* que son fruto de un conocimiento construido a partir de la experiencia con los objetos propios de la ciencia. Muchas veces este conocimiento queda implícito<sup>19</sup> y los alumnos no logran comprender cómo se ha llegado a ciertos resultados.

C1A16 P: *Bueno, de nuevo la masa no la reemplacé porque está de los dos  
7 lados y se va a ir. Esa es la razón por la que no puse el número.*

En el fragmento que sigue, nuevamente el docente explicita cuándo usar uno o dos ejes y cuál es el valor de hacerlo para resolver un problema.

C1A16 P: *¿Sí? Yo puse el eje “y” así, el eje x yo supongo que siempre está así,  
9 en este eje no pasa nada ahora, así que en realidad este vector tendría  
que haberlo puesto con un cero adelante. ¿De acuerdo? Pero no lo voy  
a poner, no lo voy a poner. ¿Por qué no lo voy a hacer? Porque como  
todo el problema pasa en una sola dirección, nunca voy a poder  
confundirme. Todo lo que pasa, pasa solamente en esta dirección. ¿De  
acuerdo? Entonces para qué voy a andar llevando vectores, paréntesis,  
componentes cero, ¿para qué me voy a andar matando si yo sé que  
todo pasa en una sola dirección? Entonces lo que voy a hacer es... le  
voy a sacar el vector a éste. Ahí está. Que es lo que hacíamos cuando  
en cinemática veíamos tiro libre en dos direcciones. No usábamos  
vectores. Usábamos directamente números en esa única dirección que  
existía en el problema. ¿Me dejan hacer eso?*

C1A17 A10: *Sí.*

0 P: *Sí. Ojo, pero teniendo presente lo que de verdad significa, por eso*

---

<sup>19</sup>En algunas clases, a cargo de docentes que no son considerados “buenos”, se habla de “trucos”, por ejemplo, para dar cuenta de estos atajos que son fruto del conocimiento desarrollado como parte de la experiencia en el campo. Esta alusión a la magia, en vez de transparentar el *juego oculto*, de dar herramientas para adentrarse en la disciplina, agrega *oscurantismo* al conocimiento.

C1A17 *antes no lo hicimos. ¿Está bien?*

1

No sólo explicita el valor de este uso de los ejes, sino que advierte sobre su importancia y sentido, alertando sobre la necesidad de evaluar la situación para hacerlo.

#### 4.2.2.2.2. *Legitimación del conocimiento.*

En la clase encontramos muchas voces: la del docente, la de los alumnos y también la de algunos científicos relevantes. Para legitimar el conocimiento, el docente destaca algunas de esas voces, en particular de Isaac Newton, que es quien da lugar a los contenidos centrales de la materia.

El docente alude en diferentes momentos de la clase a este científico (lo menciona al menos 45 veces) y al valor de los conceptos por él construidos:

En el fragmento que sigue, que responde a los momentos iniciales de la clase, el docente plantea el valor de un concepto elaborado por Newton y lo hace, por un lado, destacando el sentido de esa creación y por otro, poniéndolo en boca del científico, lo que posibilita su perspectiva.

C1A5 *P: Por eso Newton inventó este concepto más abstracto que el de velocidad y que el de masa, más abstracto. Más abstracto que el concepto que se aplica a un cuerpo particular una vez que yo sé su masa, sé la velocidad con la que se estaba moviendo, sé todo, yo puedo pasar de acá hasta acá. Pero lo que él quiso resaltar sobre (...) es: "¡Hey momento! No hace falta que yo sepa nada sobre las propiedades del cuerpo." Sea el cuerpo que sea, lo que ocurrió cuando actuó la fuerza durante un cierto intervalo de tiempo, le proveyó un cierto cambio a su cantidad de movimiento, sea una hormiga, sea un transatlántico, o sea un planeta. ¿Entienden? Entonces eso es lo interesante de leer esto así, antes de acordarse de que el impulso es esto. Y de hecho la palabra "cantidad de movimiento" es una palabra inventada por Newton, es un concepto inventado por Newton, cuando escribió sus famosas leyes de Newton.*

Es importante señalar que se produce aquí una doble legitimación: por un lado, la del conocimiento que se plantea en la clase y, por otro, la de la teoría newtoniana. La vigencia de la teoría puede ser cuestionada desde la creencia de que los desarrollos en Física que se produjeron con posterioridad, han superado las leyes de Newton. Sin embargo, en el fragmento citado y a lo largo de toda la clase, el docente destaca el valor de sus conceptos y la capacidad explicativa que tienen. Luego de desarrollar una serie de ejemplos y explicar algunos conceptos teóricos, señala el amplio espectro de fenómenos que permite explicar el principio desarrollado a lo largo de la clase.

C1A350 *P: Extraordinario. No sé qué opinan ustedes pero este principio de la conservación de la cantidad de movimiento realmente abre las puertas para entender una cantidad impresionante, infinidades de fenómenos desde la teoría del barra brava con el alfeñique hasta las teorías de las naves espaciales que están sometidos a este principio de conservación.*

Podemos reconocer entonces una legitimación no sólo a través de un científico relevante como fue Isaac Newton, sino a partir de la autoridad que como docente este profesor tiene: es su lectura de la teoría de Newton y de sus aportes explicativos aún hoy, lo que confiere valor al contenido desarrollado a lo largo de toda la clase.

#### 4.2.2.2.3. *Hablar ciencia.*

¿Cómo se *habla ciencia* en esta clase? Hemos podido reconocer dos recursos principales para hacerlo en esta clase. Uno es la explicación dialogada y otro el uso de un lenguaje coloquial. Si bien en ambos casos es el docente quien lleva adelante el discurso, en el primer caso el alumno ocupa un lugar central e imprescindible que es el que le da sentido al recurso.

a. En esta clase hablar ciencia supone esencialmente dialogar. El conocimiento se presenta a través de una explicación dialogada: la explicación se construye en y con el diálogo. Como sucede en otros ámbitos, alguno de los interlocutores puede asumir un rol protagónico en el diálogo, ser quien tiene mayor información para aportar, al tiempo que la va adaptando, reformulando en función de las demandas de los interlocutores. Si bien se acerca a la idea de J. Ogborn (1998), que se refiere a uno de los tipos de explicación como “Vamos a

pensarlo juntos” (explicación que se construye a partir de la recogida y reorganización de ideas procedentes de la clase), el modo de explicar en esta clase, se desarrolla esencialmente a través del diálogo, entramando las voces para construir la explicación.

En el fragmento que sigue puede observarse cómo, a partir del diálogo que se genera por las preguntas y respuestas que se suceden, se va desarrollando la relación entre fuerza y cantidad de movimiento.

C1A182 *P: ...Y fíjense que otra vez, ¿está bien que sea positivo?*

C1A183 *A7: Si.*

C1A184 *P: O mejor dicho, ¿se puede predecir el signo de antemano?*

C1A185 *A7: Si.*

C1A186 *P: ¿Sin saber en detalle cual fue la fuerza, y el tiempo y esas cosas?*

C1A187 *¿Por qué sí?*

C1A188 *A7: Porque el impulso lo que hace es cambiar de sentido.*

*P: Exactamente, muy bien. La pelota venía así, y después sale así. O sea que el vector velocidad de esta pelota tuvo que cambiar de negativo a positivo, por lo tanto, ¿cómo tuvo que ser el vector aceleración?*

C1A190 *A5: Positivo.*

C1A191 *P: Claro, ¿sí? O sea en un problema que yo tengo definido mi sistema, para que la velocidad pase de negativa a positiva, ¿el cambio de velocidad cómo es?*

*A5: Positivo.*

C1A19 *P: Positivo, súper positivo. La aceleración es proporcional al cambio de velocidad, ¿está bien? Y por la ley de Newton esto a su vez es proporcional a la fuerza, que por la definición de impulso es proporcional al impulso, así que el impulso juega un papel parecido al de la aceleración media, o sea nos dice qué fuerza promedio pudo producir ese cambio en la cantidad de movimiento, por lo tanto está bien que si produjo esta clase de rebote, tuvo que ser positivo, ¿se entendió?*

3 *A5: Si.*

Estas secuencias suelen finalizar con una síntesis sobre el concepto que se estaba desarrollando y la pregunta *¿se entendió?* En estos casos, la pregunta del

docente es genuina y en caso de que la respuesta no sea afirmativa vuelve a explicar, como puede observarse en el fragmento que sigue:

C1A242 *P: Me encuentro con este resultado bárbaro que es que cero es igual a, fíjense, acá tengo cantidad de movimiento de A final, más cantidad de movimiento de B final, o sea cantidad de movimiento del sistema*

C1A243 *final. ¿Se entiende?*

C1A244 *A10: No, volvamos para atrás.*

*P: Volvamos.*

A continuación incluimos un nuevo ejemplo de la explicación dialogada que se encuentra presente en gran parte de la clase. El docente inicia la secuencia explicativa a partir de una situación acerca de la que plantea una serie de preguntas. En este caso se trata de qué sucede con un avión fuera de la atmósfera, cómo vuela.

C1A32 *P: ... ¿Cómo hace uno?, porque acá no tienen como empujarse, no*  
9 *tienen a quien transferirle la cantidad de movimiento opuesto a la que uno quiere adquirir.*

C1A33 *A8: [no se escucha la respuesta]*

0 *P: ¿Cómo?*

C1A33 *A8: Ya tengo una velocidad inicial.*

1 *P: Ya tengo una velocidad, sí, tengo una velocidad.*

C1A33 *A8: Me sigo moviendo.*

2 *P: Muy bien, bueno, tenes razón si ya tengo una velocidad, me sigo*  
C1A33 *moviendo. Muy bien. Bueno, fantástico, además nosotros sabemos que*

3 *las naves espaciales además son capaces de cambiar de dirección, no*  
C1A33 *solamente de... Muy bien, ¿cómo dijiste?*

4 *A8: ... las... que van tirando.*

C1A33 *P: Exactamente, muy bien, es lo que dice él. ¿Qué dijo él? Que pierde*  
5 *masa, ¿de qué manera pierde masa?*

*A5: Queman la cola.*

*A2: [no se escucha la respuesta]*

C1A33 *P: El combustible. Tienen el tanque de nafta acá, y ¿qué hacen con la*  
6 *nafta? ¿Qué podrían hacer con la nafta? Podría poner una pajita...*

C1A33 *¿serviría esto? Sí, claro, servir, serviría, pero qué es lo interesante,*  
7 *¿qué aporta de bueno la explosión?*

*A5: [no se escucha la respuesta]*

C1A33 P: Claro porque no es una cuestión de largar masa, es una cuestión de  
8 largar cantidad de movimiento. Entonces, si yo largo una cierta  
C1A33 cantidad de masa casi sin velocidad, o con una velocidad así, o largo  
9 la misma cantidad de masa pero a altísima velocidad, ¿de cuál de las  
C1A34 dos maneras estoy largando mayor cantidad de movimiento?

0 A4: De la que tiene más velocidad.

P: De la segunda claramente. Entonces, aunque parezca mentira, el principio de funcionamiento de los cohetes espaciales, es éste.

C1A34 Llevemos una carga de masa extra y vayamos tirando la masa extra  
1 así nos movemos para el lado que queremos. El principio es  
C1A34 exactamente el mismo del que arrojar naranjas que por supuesto se va  
2 agotando, cuando se agotan las naranjas, se acabó. Lo cual es grave porque cuando uno quiere frenar... uno puede querer ponerse en movimiento y puede querer frenar.

A4: [no se escucha la respuesta]

C1A34 P: Bueno, muy bien, se entendió.

3

C1A34

4

C1A34

5

C1A34

6

Tal como sucede en los casos anteriores, luego de hacer una síntesis, se plantea si se ha comprendido la explicación.

b. El lenguaje *coloquial* para *caracterizar* la ciencia. En esta clase se adjetiva la ciencia, se le atribuyen características, se le asocian sentimientos y sensaciones que podrían no parecer adecuados para hablar de ella desde ciertas perspectivas, que suelen considerarla un tipo de conocimiento objetivo, impersonal, al que no se le deben atribuir características propias de los seres vivos.

Los ejemplos que siguen muestran la adjetivación que utiliza este docente a lo largo de la clase para referirse a conceptos científicos:

- C1A5 *Por eso entonces lo que tenemos es esta velocidad interesantísima que es el impulso que produce la fuerza es igual al cambio de la cantidad de movimiento.*
- C1A147 *La cinemática es complicada aburrida... (...) Bien, no le tengan miedo a la energía.*
- C1A388 *Ven, es un tiempo de morondanga, o sea lo que haga la fuerza de rozamiento durante un tiempo tan cortito, me lo puedo olvidar tranquilamente.*

Es posible *sentir* entonces, cuando se trata de ciencia. Puede provocarnos aburrimiento, miedo... No nos es ajena. A través de esta manera particular de presentar la ciencia, se implica de una manera diferente a los alumnos en la clase y se muestra que el conocimiento científico es una construcción humana con todo lo que ella implica.

### **4.3. Caso 2**

#### **4.3.1. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación corresponde a la materia *Física de la Carrera de Ciencias Físicas* de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración aproximada de 1 hora y 45', con un descanso de 10 minutos. Participaron 20 alumnos.

El tema de la clase fue *Relatividad especial*. En la primera parte, el docente desarrolló las inconsistencias entre la *propagación de la luz*, el *principio de relatividad* y las *leyes de Galileo*, a partir de la presentación de experimentos realizados en diferentes momentos de la historia de la física.

Luego del descanso, teniendo en cuenta lo llevado a cabo en la primera parte, se desarrolló la explicación que permite llegar a las *transformaciones de Lorenz*.

### 4.3.2. Análisis de la clase.

#### 4.3.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.

En esta clase el docente pone en juego una serie de recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase. Todos ellos están vinculados al modo particular de interactuar que propone el docente y que favorecen la implicación de los alumnos de manera directa (a través de su palabra) o indirecta (a través de las acciones que promueve).

Entre estos recursos encontramos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas reactivas del profesor.
  - b. Preguntas retóricas del profesor.
  - c. Preguntas de elicitación del profesor.
  - d. Preguntas del profesor que promueven reflexión y construcción.
  - e. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.
- Lenguaje coloquial.
- Humor e ironía.

##### 4.3.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as

La interacción en esta clase está guiada fuertemente por las preguntas que formula el docente y que son de diferentes tipos:

a. El primer tipo de preguntas es el de las *preguntas reactivas*. A lo largo de la clase se encuentran intercambios centrados en estas preguntas que el docente va formulando y reformulando en función de las respuestas que le dan los alumnos.

C2A8 P: *¿Cómo hace uno para saber si dos cosas que ocurrieron separadas  
0 espacialmente, son simultáneas?*

A1: *Tiene que estar parado en algún lugar.*

C2A8 P: *¿Quién?*

1 A1: *El observador.*

C2A8 P: *¿El observador?*

2 [Otro alumno interviene pero no se entiende lo que dice: tiene que pasar  
C2A8 en el mismo instante].

3 P: Claro, tiene que ser en el mismo instante. ¿De qué estamos hablando?

C2A8 Bueno, muy bien ¿Cómo puedo yo darme cuenta de que pasó en el  
4 mismo instante?

C2A8 A1: Por los relojes.

5 P: No tengo relojes.

A1: Medís la distancia.

C2A8 P: ¿Mido la distancia?

6 (Los alumnos hablan al mismo tiempo y no se entiende lo que dice cada uno).

C2A8 P: Bueno, es muy fácil el ejemplo. Si yo estoy acá en el medio...

7 A2: En algún lado tenés que estar.

C2A8 P: En algún lado tengo que estar. ¿Está bien? Entonces, bueno, supongo  
8 que sale luz de acá, sale luz de acá, ¿y por qué digo luz? Y bueno,

C2A8 porque luz es lo que se propaga en vacío, no vaya a pasar que haya  
9 viento ni cosas raras, ni nada, ¿no? Supongo que esto ocurre en el vacío

C2A9 que esto es la luz, justamente. Y tengo que ver al mismo tiempo, ¿qué  
0 tiene que pasar?

C2A9 A3: Que la luz te llegue al mismo tiempo.

1 P: La luz te llega al mismo tiempo. Si la luz de éste me llega al mismo

C2A9 tiempo que la luz de éste, concluyo: fueron simultáneos. ¿Está bien? ¿De

2 acuerdo? ¿Sí? ¿Todo el mundo de acuerdo? Muy bien.

C2A9

3

C2A9

4

C2A9

5

C2A9

6

Frente a una serie de respuestas incorrectas, el docente pregunta nuevamente y devuelve la respuesta a los alumnos para que la completen o aclaren. Al final de cada uno de estos intercambios, el docente hace una breve síntesis y reinicia una nueva serie de preguntas que se van configurando a partir de las respuestas de los alumnos.

b. El docente plantea también *preguntas retóricas* para dar continuidad al discurso. Los que siguen son ejemplos de estas preguntas. El docente plantea preguntas para las que no espera respuesta por parte de los alumnos. Tienen como función darle continuidad al discurso y le aportan una característica especial. No sabemos qué generan en cada alumno, pero proporcionan al discurso un cariz interrogativo (junto con el resto de las preguntas que formula el docente), que se diferencia claramente de aquellos discursos que se basan en afirmaciones cerradas y que acentúan la idea de un conocimiento cerrado, acabado.

También muestra explícitamente, con sus preguntas precedentes, un razonamiento completo, lo que acompaña la construcción que hacen los alumnos, los captura en esa lógica argumentativa y los introduce en ella. Es una forma de mantener la atención, persuadir y convencer a los alumnos.

C2A76 *P: Muy bien ¿por qué me tiene que dar esta función? Me tiene que dar esta función porque así es como nosotros ponemos la hora en los relojes.*

C2A94 *P: ¿Y por qué digo luz? Y bueno, porque luz es lo que se propaga en vacío, no vaya a pasar que haya viento ni cosas raras, ni nada, ¿no?*

C2A11 *¿Qué significa eso? Significa poner un mismo punto del espacio, un mismo instante de tiempo, un mismo evento, como origen de los dos sistemas de referencia.*

c. El docente realiza algunas preguntas de *elicitación* que requieren una respuesta breve. Son preguntas que hacen que los alumnos sigan la explicación del docente sin perder el ritmo.

C2A3 *P: ¿En qué valor está más o menos la longitud de onda*

C2A42 *esta?*

*A: Nanómetros, qué sé yo.*

C2A4 P: *¿Cómo se hace eso? ¿Cómo hace uno para saber que el reloj de Retiro y el reloj de la estación de Tigre marcan la misma hora?*

A5: *Una convención.*

C2A4

4

d. Se plantean también *preguntas que piden reflexión y construcción* por parte de los alumnos. El docente propone situaciones a resolver o a analizar, que requieren la construcción de una respuesta por parte de los alumnos en la que pongan en juego no sólo saberes previos sino una combinación nueva del conocimiento que poseen.

C2A5 P: *Muy bien, estamos comunicados y entonces en Retiro o en Tigre los sincronizo. Bueno, listo, ¿cómo los sincronizo?*

*(Varios alumnos hablan al mismo tiempo)*

C2A5 A2: *De alguna forma que implica transmisión de información y que va a llevar tiempo, entonces.*

C2A6 P: *No es física mala o buena, mejor o peor, desde lo que vemos. Nunca nadie hizo tanto despelote para hablar de la hora.*

C2A6

1

Los alumnos proponen diferentes respuestas (C2A359) lo que da cuenta de que no hay una única solución posible. Y el docente no espera una respuesta específica si no una respuesta fruto de la reflexión. En el ejemplo planteado vemos que no elige ni retoma ninguna de las respuestas sino que las relativiza y destaca, de manera particular, que lo valioso es la discusión.

e. A lo largo de la clase los alumnos formulan 5 preguntas. Una de ellas alude a la inclusión de un contenido en el examen final de la materia. Las otras 4 que se plantean, dan cuenta de su compromiso con el proceso de aprendizaje. Estas preguntas van más allá de lo que se ha desarrollado en la clase. Surgen de construcciones propias y de su interés por responder a interrogantes vinculados a la temática.

En el primer ejemplo que se presenta, la pregunta se refiere a un punto acotado, que se desprende de los contenidos trabajados en la clase, pero que no ha sido desarrollado. El alumno se pregunta y pregunta por un aspecto específico.

C2A11 P: Pero, si la velocidad con la que la información de que acá ocurrió un  
3 evento, se transmite a una velocidad finita, ¿sí? entonces, estar quieto o estar en movimiento produce un resultado totalmente diferente.

C2A11 A3: Pero siendo tan grande la luz ¿no va a ser despreciable esa  
4 diferencia?

C2A11 P: Va a ser despreciable para cualquier fenómeno que ocurra a una  
5 velocidad despreciablemente baja con respecto a la velocidad de la luz, que es como ocurrió nuestra vida desde los griegos hasta el 1905. ¿Está bien?

C2A11 A3: El punto es que es indistinguible si hay movimiento o no.

6 P: Claro, exactamente. No hay, no hay de qué agarrarse. Bien.

C2A11

7

El docente responde a esta primera pregunta y a la siguiente afirmación del alumno (que intenta confirmar si ha comprendido bien la respuesta del docente), antes de continuar con su explicación.

El segundo ejemplo que se presenta a continuación responde a un interés genuino y se plantea, en este caso, a partir de la invitación del docente. En la última parte de la clase el docente abre explícitamente el espacio para preguntas:

C2A14 P: Bueno, preguntas, dudas, comentarios

4 A1: Una pregunta respecto del cambio de masa, porque es por eso

C2A14 que hablaban de que se podía entender lo de los agujeros negros, lo  
7 de (...)

El profesor sigue el diálogo (no se entiende con claridad la mayor

C2A14 parte del diálogo, pero de acuerdo al registro observacional, se refiere  
8 a la pregunta planteada por el alumno).

Las preguntas que formulan los alumnos en esta clase surgen entonces por dos razones: la invitación explícita del docente a formularlas y la necesidad de comprender la explicación que el docente está desarrollando, más allá de sus aspectos puntuales, es decir, comprender sus implicancias y supuestos.

Frente al primer tipo de preguntas el docente responde directamente, mientras que, frente a las segundas, asume dos posturas: responder también directamente (como en el turno C2A115 ya citado) o “devolverlas” a la clase, para involucrar a todos los alumnos. De este modo, convierte a la pregunta de uno en interrogante de todos:

C2A63 A5: *¿Para qué queremos tanta precisión?*

C2A64 P: *Aquí sale algo interesante: ¿para qué queremos tanta precisión? Tiene razón, ¿para qué queremos tanta precisión?*

C2A65 A5: *O sea son especulaciones que uno hace para la teoría, pero para la vida, no hace falta, nadie se hace problema por ir de Retiro a Tigre.*

C2A66 P: *¿Están de acuerdo con eso? Claro. Claro. ¿Se acuerdan de lo que hicimos la clase pasada?*

#### 4.3.2.1.2. *Lenguaje coloquial.*

En esta clase se hace uso también de un lenguaje coloquial que acerca a los alumnos a la ciencia y los implica en el desarrollo de la clase. En este caso, el docente utiliza una serie de términos de uso coloquial que comparte con los alumnos.

C2A61 P: *... Nunca nadie hizo tanto despelote para hablar de la hora.*

C2A138 P: *... Ahora déjenme arreglar la macana que me mandé...*

La utilización de este lenguaje muestra que es posible desarrollar contenidos propios de la ciencia con seriedad y, al mismo tiempo, de manera sencilla, cercana a los afectos de los alumnos y a las implicaciones emocionales de los participantes con la ciencia que se construye en clase.

#### 4.3.2.1.3. *Humor e ironía.*

El docente genera en esta clase un clima distendido haciendo uso del humor. Sus planteamientos, que tienen un matiz irónico, generan risas en los alumnos.

En el primer ejemplo que presentamos, el docente está preguntando por la forma de saber de qué se está hablando, cuando se le da un valor de tiempo a un hecho. Los alumnos plantean diferentes tipos de respuestas y algunas de ellas resultan un poco disparatadas.

C2A43 P: *[Relojes] Sumergibles, antigranadas, es un poco caro.* [Risas]

En el fragmento que sigue podemos observar cómo, mientras desarrolla una explicación, el docente incluye un comentario en tono jocoso que produce la hilaridad de los alumnos.

C2A7 P: *Muy bien, ¿por qué me tiene que dar esta función? Me tiene que dar esta función porque así es como nosotros ponemos la hora en los relojes. Como decía Einstein, nos movemos a 60 km/h, en un avión nos movemos a 1.000 km/h. ¡Oh! ¡Qué miedo! (todos se ríen). ¿Está bien? Entonces, claro, ni nos preguntamos, cómo fijamos la hora, cómo determinamos las constantes del tiempo, no nos preguntamos. Porque no hay ninguna necesidad. ¿De acuerdo?*

Como se observa, la explicación continúa luego del comentario, por lo que el uso del humor cumple la función de distender el clima para seguir trabajando en los contenidos de la clase.

#### **4.3.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

En esta clase el docente utiliza una serie de recursos que presentan la ciencia de un modo particular y configura a la clase de una manera particular. Estos recursos son:

- Explicitación de supuestos y convenciones.
- Legitimación del conocimiento.  
Presentación de experimentos y demostraciones.
- Hablar ciencia.
  - a. Explicación narrativa.

- b. Explicación dialogada.
- Uso de metáforas y analogías.

#### 4.3.2.2.1. *Explicitación de supuestos y convenciones.*

En esta clase se explicitan supuestos, convenciones y decisiones necesarias para la construcción de la ciencia, mostrando que este proceso es fruto de una serie de consensos (y disensos) que es necesario reconocer.

La explicitación en esta clase se refiere a 3 aspectos diferentes:

- a. El lenguaje.
- b. Supuestos epistemológicos.

a. En primer lugar, encontramos explicitaciones vinculadas al *lenguaje*, a aspectos terminológicos. En el fragmento que sigue, el docente plantea cuál es la nomenclatura que debe utilizarse cuando se trabaja con relatividad:

C2A14 P: *Pasando en limpio, bueno, vamos a introducir nomenclatura habitual de los libros de texto, acuérdense, esto es un número así muy general. ¿Está bien? Le ponemos un nombre se llama gama. Si éste se llama gama en todos los libros se llama gama. ¿Está bien? Cuando uno lee otro artículo de una cosa sobre relatividad y le ponen gama a otra cosa es un error de tipografía gama es... Bueno, muy bien.*

El docente plantea los consensos en la comunidad científica respecto de ciertas denominaciones y simbologías. Introducirse en esas comunidades requiere el manejo de esas convenciones que además, si no son explicitadas, para muchos alumnos pueden llevar a la confusión.

b. En la enseñanza de la ciencia, muchas veces no se hacen explícitos los cambios paradigmáticos o, frente a su planteo, no se muestra cómo ese cambio se plasma en los conceptos con los que se construyen nuevas explicaciones. Se utilizan términos semejantes pero a los que subyacen concepciones diferentes, por lo que se promueven malas comprensiones.

En el ejemplo que sigue, el docente plantea la necesidad de explicitar cómo son las relaciones entre espacio y tiempo, que se suelen dar por supuestas cuando se enseñan las transformaciones de Galileo.

C213 *P: Si miramos las ecuaciones de Galileo, entonces tenemos que cuestionarnos acerca de cómo son las relaciones entre espacio y tiempo en relatividad. Por lo menos a mí, a mí siempre me gustó pensar ¿qué hacíamos mal antes? ¿Qué hacíamos mal antes? Como para estar tan convencidos de que todo funcionaba bien y resulta que todo funcionaba mal. Entonces, repasemos un poquito lo que hacíamos antes.*

La explicitación de las relaciones es parte de una explicación extensa que a continuación realiza el docente.

Trabajar en ciencia supone la construcción de modelos para explicar los fenómenos cotidianos. Gran parte de la tarea del investigador es reconocer cuáles son los modelos que mejor los explican y utilizar los criterios más adecuados para su aplicación. Cuando se trabaja con modelos diferentes como pueden ser la mecánica clásica y la mecánica relativista, es necesario explicitar cuál es la manera que nos permite abordar unos fenómenos u otros.

En el ejemplo que sigue, frente a un análisis que se está realizando en la clase, los alumnos pasan de una mirada a otra sin reconocer las diferencias que subyacen. Por esta razón el docente plantea la necesidad de construir una perspectiva clara que, en términos de la historia de la ciencia ya ha sido construida, pero que los alumnos necesitan sea explicitada.

C2A11 *P: No hay, no hay de qué agarrarse. Bien. Entonces tenemos que 7 construirnos una manera. Bueno, una manera de hablar del espacio y del tiempo ya la construimos, es compatible con lo que hacíamos desde los griegos hasta 1905 no hay ningún problema ¿de acuerdo? Muy bien.*

La posibilidad de explicitar estos supuestos, da cuenta del dominio del docente respecto del contenido, de las dificultades que su aprendizaje supone para los alumnos y da cuenta también de una concepción de ciencia que no es monolítica, que se va construyendo y en la que coexisten modelos diferentes.

#### 4.3.2.2.2. *Legitimación del conocimiento.*

Uno de los modos de legitimar el conocimiento es a través de la presentación de experimentos. A lo largo de esta clase se recuperan una serie de experimentos que buscan dar cuenta del valor de la pregunta que orienta el desarrollo de la teoría y se plasma en la construcción de un experimento.

En el ejemplo que sigue, el docente plantea que no era su intención contarlos, pero lo hace para sustentar una de las afirmaciones importantes que realiza en la clase.

C2A5 *P: ... Durante el siglo XIX, éste era un fenómeno conocido (...), o sea que se sabía perfectamente cómo observar si ocurrían este tipo de cosas o no. Entonces estaban en condiciones de detectar diferencias de longitud del orden de los quinientos nanómetros, o sea del orden del micrón, aún cuando usasen brazos, digamos, obviamente, para que el efecto sea más grande uno tiene que poder usar brazos lo más grandes posible, ¿está bien? compatible con que el experimento sea realizable, ¿no? Entonces el tamaño de estos brazos era del orden de diez metros. Entonces tenían un sistema que les permitía distinguir variaciones, o sea diferencias, en el recorrido de los rayos que fueran del orden de quinientos nanómetros, cuando los rayos de luz habían viajado decenas de metros. Es espectacular. O sea la precisión lograda en estos experimentos.*

*(...)*

*P: ... Este nivel de precisión de un experimento es una joya apreciada. Es una cosa de locos. Y por supuesto, bueno, se repite la historia en que esperaban entonces, lo que esperaban con estos experimentos, era, mediante esta comparación de tiempos, sacar la velocidad de la Tierra respecto de ellas. Desde luego que, nadie esperaba no observar nada. Y resultó que no se observaba nada. O sea, la diferencia de tiempo entre este rayo de luz que hace este camino y este rayo de luz que hace este camino, era, cero. Cero. Cero. Entonces, bueno, uno dice está bien, esto ocurrió en 1910 más o menos, o sea al principio, bien al principio del siglo XX, este..., o fines del XIX.*

C2A10 *A4: Mil ocho setenta y pico, debe ser.*

C2A11 *P: Sí, puede ser. Este, y la precisión uno cree que puede ser un diez por ciento, o un uno por ciento, ponele, la precisión que lograban. Bueno, ahora que transcurrió el siglo XX y que la tecnología avanzó muchísimo, este experimento se siguió repitiendo. ¿Está bien? O sea, cada tanto, salió todo a lo largo del siglo XX, por lo menos hasta los sesenta, y cada vez que hay un avance tecnológico, alguien se toma el trabajo de agarrar este experimento y hacerlo de nuevo. Porque todavía no lo podemos creer. Y a medida que se va refinando la precisión del resultado, se confirma con más cifras significativas, que la velocidad de la luz es la misma en las dos direcciones y no hay vuelta que darle.*

*(...)*

*No era mi intención contarles este experimento, pero es importante, este, dejar bien, bien en claro que, realmente, la alternativa última, digamos, la de convencerse, de que la forma en que se propaga la luz está bien, sale de la teoría del electromagnetismo, está bien y es como es, y es en el vacío.*

Es importante destacar que la concepción de experimento que se maneja, va más allá de la tecnología que permita desarrollarlo. Por otra parte, se destaca su precisión, que se considera un valorpreciado para los experimentos en este campo.

El segundo ejemplo que incluimos es presentado por el docente para ilustrar los modos en que se ha medido la velocidad de la luz.

C2A78 *P: Van a tener una idea del estudio que se van a poder bajar de la página del Departamento ¿está bien? en el cual están contados y dejados un poco en suspenso para que ustedes analicen también dos experimentos posibles para medir la velocidad de la luz. Uno de ellos es el experimento de Fizeau que es terrestre digamos el tipo agarró se paró y dijo, bueno a ver dónde hay una montaña, se encontró una montaña a 8 kilómetros y medio de su casa de su laboratorio o de la otra ventana qué se yo no sé y dijo bueno aunque la luz vaya muy rápido en 9 kilómetros yo la voy a poder medir. Y se diseñó el experimento que permite medir la velocidad de la luz sobre una distancia de 9 kilómetros. Es una maravilla. El ingenio de ese tipo es una maravilla, no me van a decir. ¿De acuerdo? La cuestión es que*

*entonces alguien hizo una cuenta de este tipo para llegar al valor de la velocidad de la luz y sacar la conclusión de que es una gran constante. Bueno muy bien. Entonces hasta acá o sea lo único que hicimos fue repasar el criterio con el cual establecemos una escala de tiempo cuando queremos hablar de la hora en la que ocurren las cosas. ¿No? ¿A qué hora salió? ¿A qué hora llegó? Para medir velocidades ese tipo de cosas. Muy bien.*

En este fragmento podemos ver tres aspectos interesantes: no se hace una descripción pormenorizada del experimento sino que se lo plantea para legitimar una conclusión a la que se ha llegado; en segundo lugar, se destaca el diseño sencillo e ingenioso del experimento, dando cuenta de que no siempre es necesario contar con tecnología de última generación para comprobar algunas hipótesis; por último, se remite a un texto para que los propios alumnos puedan conocer con detenimiento el diseño del experimento y puedan construir su mirada (por eso se los deja un poco en *suspense*).

#### 4.3.2.2.3. *Hablar ciencia*

En esta clase se habla ciencia utilizando principalmente dos recursos: la explicación narrativa y la explicación dialogada.

a. Uno de las formas que asume la explicación en la enseñanza es la narración. A lo largo de esta clase el docente plantea varias de estas explicaciones que sintetizan, recuperan o presentan información.

A continuación presentamos un fragmento del turno 13 (uno de los más extensos en la clase), que da cuenta del tipo de explicación que se propone. En él, el profesor se refiere al principio de relatividad.

C2A1 P: *Entonces, lo que dijo Einstein fue, bueno, el principio de relatividad es algo conceptualmente que me da más jerarquía que las transformaciones de Galileo. A pesar de que parece lo contrario. ¿No? Que es un problema con una función más complicada, más extraña, el principio de relatividad. Sin embargo, a éste hay que darle preferencia. ¿Cómo es que lo llamamos la clase pasada? Vamos a ver, la idea era que, todo proceso físico es el producto de interacciones o sea de la influencia mutua de otros sistemas sobre uno que uno está estudiando*

*y que por lo tanto lo que tiene que importar son las posiciones relativas, ¿no?, distancias relativas, tiempos relativos, o sea todo lo relativo de unos respecto de los otros.*

*Entonces, el principio de la relatividad, pone eso como cosa más importante, y entonces dice que en todo sistema, en todo sistema, en movimiento de rotación uniforme, el resultado de cualquier proceso físico, es idéntico al obtenido en el sistema original bajo las mismas condiciones.*

*Es interesante esta manera de expresar el principio de relatividad porque pone énfasis en lo siguiente: yo tengo un sistema de referencia, por ejemplo la estación de tren, como dijimos el otro día, tengo otro sistema de referencia que es el tren que se está moviendo con velocidad  $q$ , entonces lo que dice es que si yo monto un experimento en este sistema, bajo ciertas condiciones, y observo cómo se desarrolla el proceso físico, voy a observar exactamente lo mismo que si monto exactamente la misma experiencia en el sistema de la estación, con las mismas condiciones iniciales pero respecto del sistema de la estación y observo lo que ocurre en la estación*

En este extracto pueden reconocerse diferentes elementos que hacen a esta narración valiosa para el proceso de construcción del conocimiento:

- Se incluyen personajes reconocidos por los alumnos: Einstein.
- Se plantean algunas contradicciones: *a pesar de que parece lo contrario.*
- Se adjetivan los conceptos: *una función más complicada, más extraña.*
- Se recuperan explícitamente contenidos de clases anteriores: *¿Cómo es que lo llamamos la clase pasada?*
- Se plantean definiciones: *en todo sistema, en movimiento de rotación uniforme, el resultado de cualquier proceso físico, es idéntico al obtenido en el sistema original bajo las mismas condiciones.*
- Se valora la manera en que se plantean algunos conocimientos: *Es interesante esta manera de expresar el principio de relatividad.*
- Y se explican las razones: *pone énfasis en lo siguiente...* (ver último párrafo del fragmento).

A lo largo de la clase, se incluyen varias de estas explicaciones, que se alternan con las explicaciones dialogadas que se plantean a continuación.

b. A partir del *diálogo* que el docente promueve es posible desarrollar una explicación compartida.

El fragmento que sigue es un ejemplo de las secuencias explicativas que se dan en la clase con el objeto de desarrollar las distintas temáticas. Como puede observarse, las intervenciones del docente, -que es quien suele iniciar y dirigir el diálogo-, se van reorientando en función de las respuestas de los alumnos.

C2A8 P: ... Entonces por ejemplo, tenemos, en un cierto lugar, en un cierto  
0 instante ocurre un evento uno y en otro cierto lugar, en otro cierto instante, ocurre un evento dos. No tenemos armado ningún sistema de referencia, nada, somos unos vagos, andábamos por ahí nada más. Y ocurrieron dos cosas. Por ejemplo, no sé, por ejemplo dos rayos, dos truenos, dos bombas explotaron, qué se yo. Lo que sea. Y me pregunto: ¡uy! ¿Fueron simultáneos? O sea, ¿cómo hace uno para saber si dos cosas que ocurrieron separadas espacialmente, son simultáneas?

C2A8 A1: Tiene que estar parado en algún lugar.

1 P: ¿Quién?

C2A8 A1: El observador.

2 P: ¿El observador?

C2A8 [Otro alumno interviene pero no se entiende lo que dice, algo así como  
3 tiene que pasar en el mismo instante].

C2A8 P: Claro, tiene que ser en el mismo instante. ¿De qué estamos  
4 hablando? Bueno, muy bien ¿Cómo puedo yo darme cuenta de que pasó

C2A8 en el mismo instante?

5 A1: Por los relojes.

P: No tengo relojes.

C2A8 A1: Medís la distancia.

6 P: ¿Mido la distancia?

(Los alumnos hablan al mismo tiempo y no se entiende).

C2A8 P: Bueno, es muy fácil el ejemplo. Si yo estoy acá en el medio...

7 A2: En algún lado tenés que estar.

C2A8 P: En algún lado tengo que estar. ¿Está bien? Entonces, bueno, supongo  
8 que sale luz de acá, sale luz de acá, ¿y por qué digo luz? Y bueno,

C2A8 porque luz es lo que se propaga en vacío, no vaya a pasar que haya  
9 viento ni cosas raras, ni nada, ¿no? Supongo que esto ocurre en el vacío

C2A9 que esto es la luz, justamente. Y tengo que ver al mismo tiempo, ¿qué  
0 tiene que pasar?

C2A9 A3: *Que la luz te llegue al mismo tiempo.*

1 P: *La luz te llega al mismo tiempo. Si la luz de éste me llega al mismo*

C2A9 *tiempo que la luz de éste, concluyo: fueron simultáneos. ¿Está bien?*

2 *¿De acuerdo? ¿Sí? ¿Todo el mundo de acuerdo? Muy bien.*

C2A9

3

C2A9

4

C2A9

5

C2A9

6

A través del diálogo el docente construye este tipo de explicación, que es una de las formas de presentar la ciencia en la clase. El formato dialógico de la explicación acentúa la perspectiva del conocimiento como fruto de la construcción colectiva y consensuada. Entre las últimas preguntas encontramos esta clara referencia que sintetiza el enfoque de este docente: “*¿De acuerdo? ¿Sí? ¿Todo el mundo de acuerdo? Muy bien*”.

#### **4.4. Caso 3**

##### **4.4.1. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación corresponde a la materia *Dinámica lineal* de la Carrera de Física de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración de 1 hora y 35' con un descanso de 20 minutos. Participaron 15 alumnos.

Esta clase comienza con un anuncio del docente sobre que no va a desarrollar lo que planteó en la clase anterior. Señala que van a discutir algunas aplicaciones de lo que estuvieron trabajando hasta ese momento, y a describir algunas explicaciones y algunos problemas variados en el campo de la mecánica, en el campo de la biofísica, etc.

En la primera parte de la clase el docente hace un repaso por los temas centrales trabajados en clases anteriores sobre el espacio de fases tridimensional. Plantea los sistemas de Lorenz y Smale trabajados en las clases prácticas. Desarrolla luego una serie de casos a profundizar por los alumnos. Utiliza alrededor de 35' para desarrollar un experimento que está llevando adelante con su equipo de investigación porque, según sus palabras: "Cuando uno no prepara la clase, habla de lo que puede".

Luego del descanso, el docente señala que dado "que la clase de hoy viene desorganizada, voy a terminar desorganizándola un poco más" y plantea que van a discutir problemas abiertos de la dinámica, en particular los sistemas extensos. A partir de allí se analizan las dificultades de modelización de estos problemas.

Termina la clase señalando que las problemáticas planteadas son las que pueden encontrar al trabajar desde la dinámica no lineal y plantea la temática de la siguiente clase.

Durante la clase, el docente hace un uso importante del pizarrón, en el que realiza gran cantidad de gráficos y dibujos, y en el que anota algunas fórmulas.

#### **4.4.2. Análisis de la clase.**

##### ***4.4.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.***

En esta clase el docente utiliza básicamente tres tipos de recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase. Estos son:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas retóricas.
  - b. Preguntas del profesor que promueven reflexión y construcción.
  - c. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.

- Humor e ironía.
- Presentación de los científicos en el discurso.

#### 4.4.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as

Este docente promueve en la clase un modo particular de interacción que es posible por el *clima* de trabajo que propone: hace pocas preguntas *directas*, da lugar a las preguntas de los alumnos, y posibilita la construcción de interrogantes que dan lugar a nuevas o mejores comprensiones.

a. El docente realiza una gran cantidad de *preguntas retóricas* diferentes para favorecer la continuidad del discurso. En los ejemplos que siguen, pertenecientes todos al turno inicial, podemos ver cómo se van encadenado pregunta y respuesta:

C3B 1 P: *Podría suceder que si yo tengo el mapa, al cambiar los parámetros, que la realidad inestable alimente a la órbita periódica pero en forma rotacional. ¿Qué quiere decir esto? Quiere decir que el espacio de fases que voy a tener ahora, una solución periódica, cuya realidad se enrosca como si fuera un rollo de papel, en ésta que está aquí.*

(...)

*Ahora ¿por qué estoy insistiendo en esta transformación posible? Porque hoy en la práctica van a ver, que si ustedes miran esto que ocurre cuando en un problema, después de mirar microscópicamente qué es lo que ocurre, si el sistema se nuclea sobre sí mismo alrededor de una forma de herradura...*

(...)

*¿Qué era lo que estaba generando la complejidad que ustedes vieron numéricamente? La existencia de un punto de ensilladura, un punto de ensilladura, en el cual dependiendo de si ustedes estaban de este lado o de este lado, se iban para la derecha o la izquierda.*

Como podemos observar en el siguiente fragmento, las preguntas del docente aluden a los procesos de construcción del conocimiento, también a sus agentes, y a lo que dichos procesos generan en los investigadores:

C3B5 4 P: *Y yo puedo dar con una persona que mire una neurona y nos escuchamos mutuamente, nos interesa, pero él se va pensando, este*

*tipo no está entendiendo la posta que es entender lo que ocurre dentro de una neurona y yo me voy a quedar pensando, este tipo invierte 2 millones de dólares en mirar a una neurona y eso no sirve para nada. ¿Por qué ocurre esto en neurociencia? No es que nosotros no tengamos determinados problemas en física. Nosotros vamos a la física y nos preguntamos: ¿en qué trabajás vos? Y vos me decís: bueno, yo trabajo en computación cuántica, o y yo trabajo en, que sé yo, física molecular, estudio las moléculas y su organización y otro tipo me dice, yo trabajo en ciencias atmosféricas, nos quedamos tan tranquilos. ¿Por qué? ¿Por qué nos quedamos tranquilos? No es que nosotros pensemos que vamos a entender la atmósfera midiendo otra cosa que la presión y el volumen y temperatura. ¡No! Pero sabemos que de última, no hay una incompatibilidad entre lo que pasa a nivel molecular y el nivel global.*

En el extracto que sigue, se observa cómo el docente plantea preguntas que genuinamente se hace y para las que no tiene respuestas, son preguntas para seguir construyendo conocimiento:

C3B5 P: *¿Cómo se pueden pensar pequeños proyectos para tratar de ver  
4 cómo se podría llegar a hacer esto? Bueno uno podría intentar pensar de manera inductiva.*

Lo mismo sucede en el ejemplo siguiente: se plantean preguntas para las que el docente no espera una respuesta de los alumnos, pero para la que tampoco existen aún respuestas construidas.

C3B5 P: *Ahora, ¿qué pasa si yo tengo un sistema de dimensión 4? Miren que  
6 pregunta estúpida. ¿Cómo valido o refuto un sistema dinámico de dimensión 4 si lo tengo que comparar con el experimento? Este problema no es fácil, ¿OK? Este es un problema abierto.*

b. El docente realiza algunas preguntas que promueven la reflexión y la construcción de conocimiento, y lo hace utilizando verbos que aluden a la necesidad de ir más allá de la información dada. En el primer ejemplo les propone “Adivinen”:

C3B5 P: *¿Qué bifurcación ocurrió desde el punto de equilibrio a la zona donde oscila? Adivinen. ¿Qué bifurcación puede haber ocurrido?...*

C3B6 A2: Hoff

C3B7 P: Hoff. ¿Quién la dijo?

C3B8 A2: La biología.

C3B9 P: Bien, la Biología, bien la Biología!

En el segundo ejemplo les pregunta si se “animan” a pensar en las consecuencias de un cambio en las variables:

C3B9 P: ¿Alguien se anima a pensar qué es lo que va a ocurrir si yo aumento acá? Hay dos maneras, una súper rápido para calcular autovalores, vamos a pensar un cachito en la física de esto.

C3B1 A1: Sube la frecuencia de la voz.

0 P: Exactamente. Sube la frecuencia. Con una tensión muy alta.

C3B1 Exactamente, con una tensión muy alta, estas cosas están más rígidas y  
1 empiezan a oscilar más rápido. Pero de todas maneras, la intuición ayuda, pero si no están seguros, calculan los autovalores, digan cuál es la parte imaginaria de esto y estoy seguro que tiene que ir como... la refleja. Vamos a hacer las cuentas por las dudas. Menos lambda, calculamos el determinante, esto nos da, bueno no.

c. Los alumnos formulan diferentes tipos de preguntas en la clase, y el docente va respondiendo de distintas formas. En este caso, los alumnos realizan un par de preguntas de *clarificación* para solicitar al docente que reitere alguna información que no se escuchó o no fue comprendida. El que sigue es un ejemplo del primer caso:

C3B5 A5: ¿La función de qué dijiste? Perdón.

0 P: Del desplazamiento de volumen. O sea, el  $x$  que te está midiendo el

C3B5 desplazamiento respecto del volumen de equilibrio.

1

El segundo ejemplo se refiere a la necesidad de que el docente explique algo que el alumno no ha comprendido. No está formulada como pregunta, pero tiene una intencionalidad interrogativa:

C3B4 A4: No entendí.

4 P: Entonces esto lo que te está describiendo es la inspiración,

C3B4 expiración. Entonces vos con esto podrías estar explicando simplemente

5 la respiración. Ahora cuando vos quieres cantar, tenes que cargar este

*sistema. Y eso el pajarito lo hace activando un conjunto de neuronas, encefálicas, que cuando el pájaro canta se activa y empieza a disparar como ametralladora, disparos.*

¿Qué hace el docente? Vuelve a explicar o incluye nuevos elementos en la explicación para favorecer la comprensión. No se desestiman las preguntas, se las responde y se avanza en la explicación.

Otro tipo de preguntas que formulan los alumnos son las que denominamos *genuinas*. Se plantean para conocer aspectos nuevos de lo que el docente está desarrollando o para comprender mejor lo que el docente explica.

C3B2 A1: *¿Tenés idea cuál es el orden de magnitud distinta del número total*  
3 *de neuronas entre una persona y un pájaro?*

P: *No, no, lo único que tengo como dato es que cada uno de los*  
C3B2 *pedacitos que vamos a tratar de modelar, cada uno de estos núcleos*  
4 *tienen del orden de 10.000, pero, por ejemplo, en el área de Broca no sé cuánto tienen.*

A1: *No, hay además... no sé si también tiene que ver con la cantidad de*  
C3B2 *conexiones por neurona.*

5

Vemos cómo, en el turno C3B25, el alumno amplía su pregunta tratando de incluir otras posibles variables para construir una posible respuesta.

El fragmento que sigue es otro ejemplo de este tipo de preguntas que, en algunos casos, reciben respuestas abiertas por parte del profesor.

C3B3 A5: *¿Cómo se mide esto?*

1 P: *Bueno, es todo un tema eso. Es todo un*

C3B3 *tema.*

2

En el ejemplo que sigue, la pregunta incluye una afirmación y lo que busca son las razones que pueden sustentar su perspectiva.

C3B5 A3: *¿Por qué la dinámica estadística no aporta en este caso?*

5 P: *Porque, si vos lo mirás con atención, en todo lo que hiciste, en*

C3B5 *mecánica estadística, estuviste asumiendo que los sistemas eran*  
6 *lineales en todos lados. Si el sistema fuera a desplegar órbitas distintas*  
*o versiones distintas... es una hipótesis que no te permite llevar a cabo*  
*especulaciones intelectuales... O sea que no podés, o sea, el andamiaje*  
*de Gibbs se cae a pedazos si vos pensás que tenés un montón de*  
*órbitas distintas coexistiendo al lado. O sea, vos asumís que en todos*  
*lados que tenés... campos medios y demás, en todos lados... Y todo el*  
*andamiaje de la mecánica estadística se cae. Vos fijate que el problema*  
*es el siguiente, si vos querés... términos, tenes que podes probar que*  
*esos términos son chiquititos... y un sistema que pueda desplegar... un*  
*sistema... todas esas colitas del sistema que se van... osciladores...*  
*sistemas que eventualmente... se puede... para tratar de responder*  
*estas preguntas, pero con preguntas globales, son respuestas abiertas*

Frente a estas preguntas, el docente responde de manera diferente tal como se desarrolla a continuación:

- Recupera las respuestas para avanzar en su explicación. Como vemos en el próximo ejemplo, valora positivamente la respuesta y sigue con el desarrollo del tema.

C3B7 *P: ¿Cómo saco el modelo?*

5 *A5: A partir de... puedo sacar el modelo.*

C3B7 *P: Exactamente. Y, este también es un problema de hoy, es decir,*  
6 *dada... compleja, dados datos complejos. Para algún conjunto de*  
C3B7 *ecuaciones diferenciales, para alguna familia de ecuaciones*  
7 *diferenciales, esto se puede hacer. Si ustedes tienen un sistema como,*  
*el de Rosler no lo vimos creo todavía, ¿no?*

- Aclara, explica:

C3B5 *A5: ¿La función de qué dijiste? Perdón.*

0 *P: Del desplazamiento de volumen. O sea, el  $x$  que te está midiendo el*  
C3B5 *desplazamiento respecto del volumen de equilibrio. Entonces si vos*  
1 *generas la variable presión y la medís en función del tiempo, este*  
*sistema tiene patrones muy particulares, este modelo tiene... muy*  
*particulares.*

- Reconoce que no sabe la respuesta:

C3B2 P: *La verdad es que no sé, la verdad es que no lo sé. Supongo que sería  
6 una cuenta que se podría, en realidad porque el tamaño de cada neurona...*

- Invita a los alumnos a reformular sus preguntas o a completarlas. En esta clase el docente da lugar a las preguntas de los alumnos y los invita a replantearlas, intenta comprender aquello que realmente las genera y procura también que los propios alumnos construyan buenas preguntas.

El fragmento que sigue da cuenta de este tipo de interacciones que posibilita el docente. En el proceso de construcción de conocimiento, saber preguntar y preguntarse es una habilidad necesaria. Dar tiempo y andamiaje para poder desarrollar esta habilidad, ayuda a construir las nociones.

C3B5 A5: *¿Jorge?*

7 P: *Sí.*

C3B5 A5: *El tema es, con 4, para sistemas más complejos... Para sistemas  
8 mayores que 3, se usaría lo mismo que... el mismo tipo de dinámica...*

C3B5 *no logran ver qué es... son otros modelos... modelos complejos o...  
9 Bueno, no importa!*

P: *No, dale, explicalo de nuevo*

A5: *Para sistemas más complejos.*

C3B6 P: *¿Más complejos físicamente o de descripción matemática?*

0 A5: *No, tampoco, no sé, más dimensiones, pero... ¿viste lo que son las*

C3B6 *Small World y esas cosas? .... O porque directamente no hay nada ya,  
1 cuatro o cinco dimensiones es mucho. Y no hay problemas, no va a*

C3B6 *haber problemas. A lo que voy, problemas físicos? [No se escucha]*

2 P: *Si le das una vuelta más de rosca te la voy a entender. Suponete que*

C3B6 *tenés un problema de Small World. Para todos los demás, un problema  
3 de Small World es un problema donde yo tengo un montón de agentes.*

*Imaginemos que acá tenemos, que en cada uno de éstos, hay una población de infectados, recuperados y susceptibles ¿no? Un problema epidemiológico, entonces armo un sistema dinámico que diga, la*

C3B6 *variación de los infectados, la variación de los recuperados, la variación  
4 de los sensibles, ¿cómo será? Entonces, ¿cómo debiera ser la cantidad*

*de infectados? Bueno, la cantidad de infectados dependerá de cuál es la probabilidad de contacto entre un tipo infectado con un tipo que está*

susceptible, este, un término no lineal que será el producto de esto. Y después la cantidad de infectados también disminuirá por los infectados que eventualmente se mueren.

A: [No se escucha]

[Risas]

P: Los susceptibles, este, claro cada vez que se infectan, bajan en la misma cantidad. Los susceptibles digamos que, nada,...

A6: Hay que borrarlos. [Risas]

C3B6 P: Estaba pensando, entonces este es un sistema de dimensión dos. Y  
5 luego me pregunto qué es lo que ocurre si estamos todos sanos y de  
C3B6 repente un tipo se enferma. Entonces, lo que les decía antes, si, el único  
6 contacto que existe entre éstos y los vecinos, yo lo que puedo decir es  
C3B6 que, eh, yo lo que puedo decir acá es que si este tipo se enferma, la  
7 probabilidad de que éste se enferme, la probabilidad... es un tipo de  
solución de una onda viajera. Ahora, qué es el Small World que decía  
C3B6 Mariano, el Small World es decir que además tengo la posibilidad de que  
8 este tipo y este tipo eventualmente se contacten, por ejemplo porque  
C3B6 existe cierta probabilidad de que yo haga un viaje, entonces, altero la  
9 topología de la conexión muy poquitito, pero puede haber cambios  
dramáticos. De hecho, hay soluciones de mi problema que no existen y  
cuando yo expongo estas soluciones, existen. Por ejemplo que toda la  
población esté oscilando en una pandemia. Bueno, entonces, eso es un  
Small World. Tengo un conjunto con ene dimensiones para cada punto.  
Y ahora sí, tu pregunta.

A5: Yo lo que decía. Esto es mecánica estadística de un sistema de muchas dimensiones, la forma... en el medio por qué no...?

P: Es por lo que te decía yo antes.

A5: ¿Porque no hay las herramientas todavía o porque los problemas que van a ser en 4, en 6 dimensiones van a ser...?

P: Porque no están las herramientas. Porque no están las herramientas.

A5: Ah! Porque no están las herramientas. Cuando se desarrollen van a empezar a aparecer y la gente...

C3B7  
0

C3B7

1

C3B7

2

C3B7

3

C3B7

4

Cuando el alumno parece desistir (turno C3B59), el profesor lo ánima a intentar una nueva versión de la pregunta (turno C3B60) y vuelve a hacerlo en el turno C3B64. Retoma lo que el alumno ha planteado en el turno C3B63, desarrollando el modelo para que los otros alumnos puedan ser parte del proceso y para que el propio alumno que ha hecho la pregunta, tenga más elementos para comprender cuál es la duda que la ha generado y pueda construir su pregunta más adecuadamente (turno C3B69).

Cuando finalmente el alumno puede formular la pregunta, el docente responde mostrando que también para él era necesaria su clarificación: una vez que el alumno puede plantear lo que realmente no sabe y quiere saber, el docente puede ayudarlo a construir la respuesta (C3B74).

#### 4.4.2.1.2. *Humor e ironía*

A lo largo de esta clase el docente hace reír a sus alumnos con diferentes recursos. Entre estos se encuentran:

- Representaciones de sonidos de animales. En el ejemplo que sigue, a raíz de la descripción de la investigación que está desarrollando, el docente silba tratando de reproducir el canto de un pájaro. La situación provoca la risa de los alumnos:

C3B1 *Ahora, si ustedes escuchan el pajarito, y miran la frecuencia en función del tiempo, no escuchan [silba], sino que escuchan [silba]. ¿Ven? Entonces, supongamos que escuchamos eso [silba de distintas maneras]... [Risas] Cómo hago para generar este oscilador.*

- Presentación de situaciones que resultan ridículas. En el fragmento que se incluye a continuación, se está planteando cómo realizar un tipo de medición vinculada al canto del pájaro, la cual, aun contando con el desarrollo tecnológico

adecuado, supondría la posibilidad de hacer que un pájaro cante cuando el investigador lo desea y en cualquier ambiente, aún en uno como es el tomógrafo:

C3B4 P: *O sea que en este momento, todavía no se puede medir. Sin embargo, la resolución de estas cosas aumenta rápidamente, entonces en algún momento se podrá medir actividad fácil o más o menos fácil... Tampoco me imagino al pájaro cantando en el tomógrafo.*

C3B4 (Risas)

1

● En el tercer ejemplo que presentamos, el docente genera la risa a partir de un comentario irónico acerca del valor predictivo del conocimiento:

C3B5 P: *Una vez que uno se da cuenta de que un sistema no lineal puede tener comportamientos muy complicados, hay muchas cosas de todo lo que vieron hasta ahora, en la carrera, que tienen que dejar de lado, muchas. Por qué. Porque nosotros, o sea, la física construyó confianza en ella misma como disciplina, es su poder de predecir... Fue espectacular su éxito por el hecho de que el tipo dijo: Marte va a estar en el 2058 acá. Y está o va a estar ahí, espero. [Risas]*

En todos los ejemplos podemos ver que los alumnos se ríen, lo que da cuenta, por un lado, de que los alumnos están comprometidos con la clase, van siguiendo el discurso del profesor, ríen juntos. Por otro, mantiene la atención y el buen clima de trabajo.

g. *Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as*

Igualmente, en todos los casos, el uso del humor y la ironía están claramente relacionados con el contenido que se está desarrollando, ya sea para ilustrar las diferentes formas en qué canta el pájaro de su investigación (turno C3B13), para señalar las dificultades de medición de distintos fenómenos (turno C3B40), o para acentuar una característica propia de la física que se está poniendo en cuestión en la materia (turno C3B51).

4.4.2.1.3. *Presentación de los científicos en el discurso.*

Otro recurso, identificado en esta clase, es el de comprometer a los alumnos presentando al investigador a través de sus sensaciones, sus sentimientos, sus búsquedas, a través de su vida. De esta manera, lo hace más cercano e incrementa la implicación personal de los alumnos con la narración en el aula.

Frente a ciertas visiones del investigador como genio, solitario, aislado en su laboratorio, que genera conocimiento a partir de sus intuiciones, el docente presenta en esta clase a un investigador de carne y hueso, para el que la investigación tiene mucho de trabajo, sueños, pasión, suerte.

C3B4 3 *P: Pero la pregunta es interesante además por otra cosa, porque... el problema de qué medir en este problema. Porque vos decís bueno, describís un modelo, te matas con el modelo. Qué medís, estas variables no. Concedido, ahora también te desafío a que vayas a un láser y midas la... de población. Tampoco. Entonces, es un problema que nos pasa siempre en Física, que los modelos están escritos en términos de unas variables, de los cuales medir, fácil, alguna. Entonces el láser mide intensidad. Y en esto lo que me dice la función es que es una función del  $x$ . Una función del  $x$ . Entonces acá el chiste es medir lo que se pueda.*

En muchos casos hace uso del plural, hay un “nosotros” que da cuenta del trabajo con otros, de ser parte de un colectivo. Los ejemplos que siguen muestran esta característica y las acciones que el docente realiza como propias de la construcción de este tipo de conocimiento, como en este caso sucede con soñar o tener suerte.

C3B51 *P: Nosotros ahora soñamos con poder ir a este pajarito y ponerle una pequeña cánula, en los pulmones del saco aéreo, mandar la información a una maquinita que tenemos del transductor de presión y mirar ese transductor de presión, como varía el voltaje, cuando el pájaro está respirando mientras canta.*

C3B5 6 *P: Nosotros tuvimos una gran suerte cuando hicimos este trabajo en estos años con Mariano, que fue el haber mostrado el arte de proponer ecuaciones dinámicas muy sencillitas para el núcleo y que dieran.*

Este último ejemplo, además, se refiere a sentimientos. El docente conecta su experiencia profesional como investigador con el campo de los afectos,

mostrando los aspectos motivacionales que se ponen en juego en la construcción del conocimiento científico, aspectos que frecuentemente están al margen del relato de la ciencia.

#### **4.4.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

A lo largo de la clase el docente despliega una serie de recursos que dan lugar a un modo particular de presentar a la ciencia. Estos son:

- Legitimación del conocimiento:
  - a. Experiencia propia como investigador.
  - b. Comunidad científica.
  - c. Experimentos.
- Hablar ciencia.  
Explicación narrativa.
- Construcción de modelos.
- Uso de metáforas y analogías.

##### *4.4.2.2.1. Legitimación del conocimiento.*

a. *La propia experiencia como investigador.* En esta clase el docente convoca al investigador en la mayoría de las ocasiones y se presenta a sí mismo como tal. Los temas de su clase se enseñan recuperando los modos de trabajar, las dificultades, los desafíos que enfrenta un investigador. El docente presenta a la ciencia desde la autoridad que le confiere ser parte de su construcción y, además, desde el hecho de que los contenidos de su materia se corresponden fuertemente con su área de investigación. Presentamos a continuación algunos ejemplos:

C3B 5 *P: Yo hice un modelo fenomenológico para entender la dinámica de estos bichos. Entonces, si ahora hacemos el ejercicio de bifurcaciones correspondientes a la primera parte del curso y nos preguntamos por cuál es la dinámica de estos labios, podemos dibujar en el espacio de parámetros, de  $k$  y de  $t$ , dos de los puntos estacionarios, o sea las posiciones dónde son estables y dónde son inestables.*

El uso de la primera persona del singular es un recurso frecuente para aludir a su tarea y a su experiencia como investigador. En el ejemplo que sigue,

también se utiliza. Sin embargo, aparece también el “nosotros” que da cuenta de que la tarea es en colaboración, que ser investigador supone trabajar con otros.

C3B5 *Este es un trabajo que hicimos juntos con Mariano, entonces yo voy a  
1 preferir que la descripción de si esto coincide o no coincide se la hagan  
en la práctica a Mariano. Pero es una predicción específica. Nosotros  
ahora soñamos que poder ir a este pajarito y ponerle una pequeña  
cánula, en los pulmones del saco aéreo, mandar la información a una  
maquinita que tenemos del transductor de presión y mirar ese  
transductor de presión, como varía el voltaje, cuando el pájaro está  
respirando mientras canta (...) Entonces, el problema es que ahora  
tenemos datos experimentales en función del tiempo. Entonces el  
asunto es cómo se compara con el modelo.*

Se plantean también las dificultades propias del investigador, como se reconoce en la última frase del turno C3B51, presentado previamente. En el fragmento que sigue, podemos ver otro ejemplo de este recurso. El docente comparte su experiencia en el trabajo de investigar y las dificultades que conlleva.

C3B5 *P: Nosotros tuvimos una gran suerte cuando hicimos este trabajo en  
6 estos años con Mariano, que fue el haber mostrado el arte de proponer  
ecuaciones dinámicas muy sencillitas para el núcleo y que dieran. Que  
prácticamente dieran, pero si hubiéramos pensado si teníamos todas las  
herramientas antes de empezar el trabajo, seguramente no lo  
hubiéramos empezado porque el sistema dinámico que teníamos, tiene  
una, dos, tres, cuatro, cinco dimensiones. Si nos animamos, y tiramos  
los términos..., digamos que tenemos un sistema de 4. Bueno. Pero  
definitivamente no es un sistema tridimensional.*

Como puede reconocerse en los fragmentos incluidos, el docente va *transparentando* el proceso de toma de decisiones. Al narrar cómo se desarrolla la ciencia -ciencia construida en el pasado y narrada ahora en clase-, plantea el proceso de razonamiento que se pone en juego y las decisiones que se van tomando. Narrando los hechos, evaluándolos desde el presente, destaca las variables relevantes, y muestra que la ciencia es un proceso de toma de decisiones que dependen de la información y la perspectiva, y que se puede hacer de distintas formas, porque no existe un esquema fijo.

Legitima el conocimiento científico porque él mismo es el agente, el protagonista que lo crea. Y lo legitima desde su proceso de construcción. Es un *autor*, tiene voz y una perspectiva sobre el contenido. No es un *consumidor* de ciencia que la escucha, la cree, la reproduce. Es una voz autorizada y trae a clase esa voz con la agencia que la voz tiene, mostrando los procesos de crear ciencia.

b. *La comunidad científica.*

A esta fuente de legitimación del contenido que enseña el docente, se suma la referencia a la comunidad científica y/o a algunos de sus miembros en particular, lo que posibilita una visión particular de la ciencia. Se presenta una perspectiva, una voz, un autor. Aparece la *agencia* nuevamente, esta vez no propia, sino del colectivo.

En el fragmento que sigue, el docente presenta una situación propia de los investigadores, que es la participación en un congreso o conferencia, para dar cuenta de la multiplicidad de perspectivas y abordajes sobre una misma temática que se sostienen en la construcción de ciertos saberes. Su presentación es crítica, en el sentido de que muestra cómo los científicos actúan frente a los colegas que trabajan en líneas o enfoques diferentes.

C3B5 4 *P: Si ustedes van a una conferencia de neurociencia y discuten con alguien, se van a encontrar con alguien que se especializa en canales, es experto en canales y piensa que el que no hace canales es un nabo que está mirando otro canal y que la cosa pasa por el canal que está mirando él. Es así. Y ustedes van a otro laboratorio y se estudia una neurona, a nivel de una neurona que, por supuesto que cumple un montón de canales, canal de agua, manejan distribuciones quizá distintas y máquinas que bombean, salen ganando... y mantienen determinado equilibrio, se pinchan y se estudia la dinámica actual de una neurona, se quiere conciliar evidentemente el oscilador armónico con el problema de la biología. Después, van a hablar con I.S. que trabaja en sistemas... Como un rasti (como un Lego)... neuronas. Son 21 segmentos y 250 neuronas. Entonces, están conectadas, es muy difícil, porque están conectadas todas... qué se yo, medio kilo de neuronas muy interconectadas, es un problema muy difícil. Pero ustedes se pueden imaginar el que se pone 50 años a estudiar este problema, tiene que ser que en algún momento lo va a entender,*

*llegará el momento en que va a entender el oscilador armónico en el sistema nervioso completo. Se trata de neurona, se trata de ver cómo se activan los problemitas con el xxx. Es lo que se llama la escala de los sistemas. (...) él se va pensando, este tipo no está entendiendo la posta que es entender lo que ocurre dentro de una neurona y yo me voy a quedar pensando, este tipo invierte 2 millones de dólares en mirar a una neurona y eso no sirve para nada.*

Este ejemplo da cuenta también, de que hay ciertas comunidades más consolidadas, en las cuales cada grupo de investigación trabaja sobre fenómenos diferentes desde líneas distintas, sin necesidad de articularse con los otros grupos.

Nuevamente está mostrando al alumnado, no una ciencia terminada, acabada, sino el proceso de construcción de la ciencia. Y no se refiere sólo al nivel de las hipótesis y su refutación, o al de la construcción individual de una versión “verdadera”, sino al proceso de construcción de la ciencia desde un nivel cultural o social. Son los grupos sociales, y no los individuos, los que hacen ciencia.

Esta ciencia se hace, además, con motivaciones, intereses sociales y de grupos concretos, con perspectivas teóricas o campos de saber determinados. Así como en el apartado anterior mostraba la ciencia como un proceso de toma de decisiones que implicaba una selección de ideas y recursos, y no como una colección de datos terminados que son *la verdad*, ahora lo muestra como un proceso social, cultural, compartido y repleto de intereses y perspectivas diferentes.

Esto refiere a la agencia y a la autoría en ciencia. La agencia de la comunidad científica y su autoridad. Remite también a la naturaleza cultural del conocimiento científico. Es esa naturaleza cultural la que lo valida, no *la verdad*.

C3B5 4 *P: ¿Por qué ocurre esto en neurociencia? No es que nosotros no tengamos determinados problemas en física. Nosotros vamos a la física y nos preguntamos: ¿en qué trabajás vos? Y vos me decís: bueno, yo trabajo en computación cuántica, o y yo trabajo en, que sé yo, física molecular, estudio las moléculas y su organización y otro tipo me dice, yo trabajo en ciencias atmosféricas, nos quedamos tan tranquilos. ¿Por*

*qué? ¿Por qué nos quedamos tranquilos? No es que nosotros pensemos que vamos a entender la atmósfera midiendo otra cosa que la presión y el volumen y temperatura. ¡No! Pero sabemos que de última, no hay una incompatibilidad entre lo que pasa a nivel molecular y el nivel global. Porque nos quedamos tranquilos con lo que Gibbs y Goldsman hicieron en mecánica estadística. Entonces, vos estudiás el problema de un átomo, o de una molécula, yo estudio el problema de 10 a la 23 átomos y moléculas, y nos quedamos tan tranquilos, primero que no vamos a hacer la cuenta solos, jamás, pongamos, que si alguien quisiera pasar de la cuántica al mundo macroscópico, usamos la mecánica estadística, que es algo que tenemos más o menos resuelto.*

Hay otras áreas, en cambio, que son inter o multi disciplinarias y, la comunidad científica que se está construyendo para abordarla, es aún muy dispersa y heterogénea.

C3B5 *P: Entonces, el problema grande es que si nosotros nos planteamos lo*  
4 *mismo para sistemas no lineales donde la no linealidad sea algo realmente relevante, y nos preguntamos por qué lo que ocurre con un sistema de 10 a la 23 unidades no lineales, no existe la mecánica estadística para sistemas no lineales. Entonces, ese es uno de los problemas grandes que tiene el área. Cómo se estudian los sistemas extensos no lineales.*

En todo el fragmento se destaca el uso de diferentes “sujetos” (yo, vos, ustedes, nosotros, ellos) que dan cuenta de esa complejidad propia de la comunidad que se está construyendo y en la que los distintos actores están buscando su lugar.

C3B5 *Después vienen a hablar con nosotros en el laboratorio y decimos no*  
4 *miren toda la bibliografía de ¿Carlos? se entiende con el tema de cuatro o cinco ecuaciones diferenciales ordinarias porque la posta está en mirar los núcleos. Y yo puedo dar con una persona que mire una neurona y nos escuchamos mutuamente nos interesa pero él se va pensando este tipo no está entendiendo la posta que es entender lo que ocurre dentro de una neurona y yo me voy a quedar pensando este tipo invierte 2 millones de dólares en mirar a una neurona y eso no sirve para nada.*

En los distintos ejemplos podemos reconocer un *principio de relativismo*: el docente compara diferentes perspectivas porque está contrastando niveles de organización diferentes. Critica las versiones más absolutistas de la ciencia y plantea a los alumnos una visión relativista en ciencia.

Su forma de validarla proporciona a los alumnos una versión concreta de la ciencia: como proceso, no cómo producto; social y compartida, no individual; relativista, no absolutista. Legitima la ciencia desde esta perspectiva concreta que él tiene de la ciencia.

c. Gran parte de la clase está dedicada a presentar un *experimento* que desarrolla el docente y que introduce diciendo:

C3B 5 *P: Mi intención es contarles otro, otro ejemplo, que no es mecánico sino que es de tipo biofísico. Vamos a hablar de pajaritos. Cuando uno no prepara la clase, habla de lo que puede. Entonces hoy vamos a hablar de pajaritos. Y lo que vamos a hacer es describir para estos pajaritos cómo se genera el canto. Y vamos a tratar de ver cómo lo vinculamos con estos comportamientos complicados que estuvimos estudiando hasta ahora.*

Se trata no sólo de presentar un experimento que da cuenta de los procesos de construcción del conocimiento, sino de un experimento que el propio docente ha ideado y llevado adelante, posibilitando la descripción de todos los aspectos implicados en su desarrollo, el uso de la teoría para pensarlo, y la posibilidad de revisarla y acrecentarla a partir de los resultados obtenidos.

Mientras va realizando la descripción, recupera conceptos ya vistos y pide al alumnado que plantee hipótesis, soluciones posibles:

C3B 5 *P: Entonces si ustedes se fijan... la dinámica de un pequeño puntito que está por acá, por medio de los labios, pueden describir un sistema dinámico como los que estuvimos discutiendo hasta ahora.*

C3B 9 *P: ¿Alguien se anima a pensar qué es lo que va a ocurrir si yo aumento acá? Hay dos maneras, una súper rápido para calcular autovalores, vamos a pensar un cachito en la física de esto.*

C3B1 *P: ¿Cómo hago para generar este oscilador que está acá, con este*

## 5 *mecanismo físico?*

A lo largo de la clase, mientras va describiendo y explicando el experimento realizado, les va mostrando los puntos de contacto con los contenidos de la materia y, al mismo tiempo cómo pensar un experimento supone la construcción de modelos (tal como se desarrolla más adelante en el apartado 4.4.2.2.3.).

C3B2 *P: Entonces, ahora vamos a abandonar esta parte, que es la parte física, donde utilizamos nada más que la primera parte de la materia, las bifurcaciones de Hoff y nos vamos a ir acá arriba. Donde el pájaro tiene un montón de neuronas. Esas neuronas van a estar tratando de controlar esos músculos que permitieron que los parámetros varíen en el tiempo. Y vamos a tratar de ver si podemos generar un modelito para eso.*

### 4.4.2.2.2. *Hablar ciencia.*

En esta clase el docente habla ciencia a través de la narración, de explicaciones narrativas. La clase se configura como espacio para compartir lo que el docente tiene para “contar”: su trabajo, aquello que le parece valioso. En esta explicación narrativa el investigador, -ya sea el propio docente u otro colega-, y el proceso de trabajo que lleva adelante y sus dificultades, son protagonistas de la historia que se narra en la clase.

Presentamos a continuación algunos ejemplos de este tipo de explicación narrativa. En el primero de ellos, el docente mismo utiliza el verbo “contar” y plantea explícitamente que su intencionalidad en la clase es contar ejemplos y experimentos. Anticipa de qué se va a tratar su explicación, presenta al *protagonista* de la historia y va describiendo uno de los elementos centrales, haciendo uso de distintos recursos que apoyan y amplían el discurso verbal, como son los dibujos en el pizarrón, algunos gestos y la realización de diferentes sonidos para mostrar cómo son.

C3B *P: Mi intención es contarles otro, otro ejemplo, que no es mecánico sino que es de tipo biofísico. Vamos a hablar de pajaritos. Cuando uno no prepara la clase, habla de lo que puede. Entonces hoy vamos a hablar de pajaritos. Y lo que vamos a hacer es describir para estos pajaritos cómo se genera el canto. Y vamos a tratar de ver cómo lo vinculamos con*

*estos comportamientos complicados que estuvimos estudiando hasta ahora. Lo primero que les quiero contar es cómo hace el pajarito para generar sonido. Un pajarito para generar sonido utiliza un sistema, físico, muy parecido al que utilizamos los humanos cuando generamos sonidos voceados. ¿Qué es un sonido voceado? Es un sonido que ustedes perciben como una vibración cuando se tocan acá. Cuando dicen ssss, no sienten nada. Cuando ustedes dicen “aaaa”, sienten una vibración. Entonces, esos sonidos, los sonidos voceados, se producen cuando ustedes, hacen pasar aire entre las cuerdas vocales y las cuerdas vocales empiezan a sonar, a vibrar*

Es interesante la afirmación que hace al inicio, justificando lo que desarrollará en la primera parte de la clase por no haberla preparado: “*Cuando uno no prepara la clase, habla de lo que puede.*” Es una manera de decir que va a compartir su trabajo con los alumnos, una forma de introducir el experimento con humor.

En el siguiente ejemplo el docente va entrelazando diferentes elementos para contar lo que se propuso para esa clase: por un lado, describe un elemento central que caracteriza a los conocimientos aprendidos a lo largo de la Carrera y que se vinculan con la posibilidad que ha construido la Física de predecir una gran cantidad de fenómenos.

C3B5 1 *P: Y dejame que termine la idea antes de contestarte. Y esa es una de las cosas que yo quería transmitir en la clase de hoy. Una vez que uno se da cuenta de que un sistema no lineal puede tener comportamientos muy complicados, hay muchas cosas de todo lo que vieron hasta ahora, en la carrera, que tienen que dejar de lado, muchas. Por qué. Porque nosotros, o sea, la física construyó confianza en ella misma como disciplina, es su poder de predecir... Fue espectacular su éxito por el hecho de que el tipo dijo: Marte va a estar en el 2058 acá. Y está o va a estar ahí, espero. [Risas] Digamos, se dan cuenta, o sea el hecho de que pueda hacer predicciones específicas es lo que construyó confianza en la Física. Y lo que todo lo que estuvimos discutiendo hasta ahora sobre órbitas complejas, herraduras de Smale, mecanismos de inestabilidad, dicen... funciones muy complicadas. Y lo que dicen las simulaciones numéricas con las ecuaciones de Lorenz, ustedes cambian un poquito las condiciones iniciales y tienen una solución distinta.*

Contrapone esos conocimientos aprendidos, con los contenidos propios de la materia, que se plantean la dificultad de construir observables para refutar o validar modelos, y que son parte de un paradigma que tiene que renunciar a la predicción del comportamiento de un sistema físico.

Este modo de hablar ciencia la presenta de modo tal, que la hace accesible a los alumnos. Comprendemos y recordamos mejor cuando la información tiene un formato narrativo. Pero no es simplemente un “cuento”, es un relato que incorpora la complejidad.

A lo largo de la clase el docente plantea un relato que sirve para defender una perspectiva relativista y no determinista de la física. El recurso narrativo que utiliza este profesor es contrastar la física determinista que los alumnos han aprendido en la carrera, con otra perspectiva que él está planteando. Está contrastando las posibles concepciones deterministas del alumnado (sobre las que suponemos él ya tiene experiencia de los años anteriores como docente, en particular de esta materia y por su propia perspectiva sobre la carrera) y su perspectiva no determinista. Es un proceso de cuestionamiento de las posibles concepciones del alumnado.

¿Cómo lo hace? No hace preguntas a los alumnos ni les dice que son deterministas, haciendo luego planteamientos no deterministas. Construye un relato en el que el hilo de la narración es construir una historia que desafía las concepciones del alumnado. Todo lo que cuenta el profesor es una historia que desafía las concepciones deterministas con otros planteamientos que no lo son.

El docente construye una narración en la que el hilo argumental es contraponer dos perspectivas diferentes de la ciencia, elaborando argumentos a favor de una de ellas y validando la ciencia que tiene en cuenta estos planteamientos (no deterministas) que él propone y que apoya con estos argumentos, ejemplos, desafíos, y respuestas a esos desafíos.

Valida una ciencia no determinista, por medio del recurso de contraponer ideas deterministas (supuestamente las concepciones del alumnado) con otras que él introduce en la historia y que son potenciadas en el relato para que sean “las ganadoras”. Esas ideas son las que valen en el relato, las verdaderas dentro

de la historia que se construye. Y es él, como docente, la voz autorizada que construye ese relato.

C3B5 1 *P: Entonces el gran desafío, en términos de la dinámica, es cómo construir observables que permitan refutar o validar modelos, en el paradigma de que tenemos que renunciar a la predicción específica del comportamiento del sistema físico. O sea, si yo voy a decir que un sistema es hipersensible a las condiciones iniciales, cómo voy a hacer para decir que le emboqué a un modelo físico, un modelo matemático al que le apliqué un experimento, si ya sé de entrada que, cambiando un poco las condiciones iniciales, voy a tener que el sistema no hace lo que estaba esperando. Y yo les conté la anécdota de Lorenz, Lorenz, el tema de la ecuación diferencial, integra dos veces, pero con un pequeño error... se va a tomar un café, vuelve y la solución es distinta. En un modelo mismo matemático, yo lo quiero probar dos veces. Le pifio en no acertarle en cómo está redondeando la máquina y yo tengo algo distinto. Entonces, imagínense ustedes, trabajando profesionalmente en un modelo donde aplicaron 200 millones de cosas y ahora se dan cuenta que no se pueden hacer predicciones.*

Cierra esta explicación señalando cómo lo planteado en la primera parte de la clase apunta en esa dirección.

C3B5 1 *P: Cómo construir observables que permitan refutar o validar modelos, sin sacarnos de encima el paradigma de qué podemos predecir exactamente el comportamiento de lo que va a ocurrir. Y esto que les estoy mostrando hoy, es un ejercicio en esa dirección. De repensar no sólo topológicamente... y después ir a comprobarla con un experimento, es una estrategia posible.*

En este marco, la narrativa que se usa para explicar, permite poner en juego los elementos antes mencionados, dando lugar a un modo particular de presentar la ciencia en la clase.

#### 4.4.2.2.3. La construcción de modelos.

La construcción de modelos es el corazón de la actividad del investigador y en esta clase, el docente le otorga un lugar central. No sólo incorpora la

descripción de ciertos modelos que permiten recuperar aspectos teóricos ya trabajados y desarrollar otros nuevos, incorpora la “modelización” como una de las tareas propias de los investigadores del campo, dando cuenta de su necesidad y de las dificultades y obstáculos a enfrentar.

C3B4 3 *P: Pero la pregunta es interesante además por otra cosa, porque... el problema de qué medir en este problema. Porque vos decís bueno, describís un modelo, te matas con el modelo. Qué medís, estas variables no. Concedido, ahora también te desafío a que vayas a un láser y midas la... de población. Tampoco. Entonces, es un problema que nos pasa siempre en Física, que los modelos están escritos en términos de unas variables, de los cuales medir, fácil, alguna.*

En todos los casos, ya sean de la propia experiencia o ajenos, los modelos se presentan como fruto de una construcción en la que se ponen en juego las posibilidades y límites del investigador y del conocimiento construido hasta el momento.

Los modelos que el profesor ofrece están validando el conocimiento al ofrecer un método para poder decir qué cosas funcionan o valen y cuáles no. Además de insistir en su idea relativista plantea que hay diferentes modelos, modelos basados en la fenomenología y otros basados en la estadística. El profesor utiliza los modelos para validar el conocimiento mostrando que pueden existir diferentes modelos, en función del estatus y el conocimiento sobre el tema, pero que el propio hecho de buscar modelos (y la dinámica de buscarlos) implica un método, que es el que está sirviendo para decir que aquello es ciencia y no un relato literario.

C3B3 4 *P: Entonces, es interesante, porque cuanto peor es tu medida, o sea cuando peor pones los electrodos...*

*A6: Es más global.*

C3B3 5 *P: Es más global y es más cerca de estos modelos. Pero la gente en general trata de ir a otra cosa. Trata de meter electrodos dentro de una*  
C3B3 6 *neurona particular y embocarle y quedarse quieto, cerca de esa neurona. Entonces, las mejores medidas son las menos adecuadas para este modelo y las peores medidas son las más adecuadas para este modelo. Sin embargo, yo estimo que no en mucho tiempo habrá técnicas dignas y que te permitan poner algún tipo de voltaje*

*sensitiveligth. O sea un colorante sensible al voltaje, sí, pero que te permita medir al mismo tiempo con el pájaro en vivo. Algo así. No sé. Lo ideal sería poder poner, por ejemplo, uno de estos en un tomógrafo.*

C3B8 P: *O sea que el tema, es un tema muy abierto. Lo cual no quiere decir  
5 que sea muy fácil. Pero bueno, esto es lo que hay. Ahí es donde estamos. Entonces, en función del problema del pajarito, ¿qué hicimos nosotros para construir el modelo éste? Fenomenología pura y lápiz. (...) Esto es porque nos falta la mecánica estadística para sistemas no lineales. Hay que ir a la fenomenología y apostar a que uno está mirando donde está el error. ¿Por qué pudimos validar o refutar este sistema? Porque tuvimos suerte.*

*(...)*

*¿Y cómo extraer el modelo? No podemos hacerlo a partir de los datos experimentales y construir un modelo como para validar o refutar esto que está ahí. No existen modelos para reconstruirlo a partir de la señal temporal de otros modelos. Hay que construirlos fenomenológicamente a través de intuición, de arquitectura y conexiones... Estos son los problemas que, no solamente se trabajan en dinámica, trabajando en cualquier campo, seguramente se van a encontrar.*

En esta clase es el propio docente, como investigador el que desarrolla modelos, y éstos son para construir conocimiento, no para enseñarlo (como se plantea desde algunas perspectivas de didáctica de las ciencias). Estos modelos y el proceso mismo de modelización de la realidad, se convierten en objetos de aprendizaje no sólo por su contenido específico sino porque son una práctica habitual y constitutiva de los procesos de investigación que lleva adelante un docente universitario.

#### *4.4.2.2.4. Uso de metáforas y analogías.*

A lo largo de la clase, el docente remite a otros objetos o procesos, ya conocidos por los alumnos, para ayudarlos a comprender los conceptos nuevos que va planteando. A continuación presentamos algunos ejemplos que aluden de forma muy acotada a estos otros objetos.

C3B P: *Quiere decir que el espacio de fases que voy a tener ahora, una  
1 solución periódica, cuya realidad se enrosca como si fuera un rollo de*

*papel, en ésta que está aquí.*

La analogía con el rollo de papel posibilita la construcción de una imagen mental para comprender como funciona el espacio de fases al que se refiere el docente. En el mismo sentido se plantea la analogía que sigue, que el docente no desarrolla. Da por sentado que es lo suficientemente clara para posibilitar la comprensión.

C3B P: *Y después tengo una linealidad que me obliga a pasar por ahí, como si  
1 fuera una cortadora de fiambre, ¿está bien?*

En el 3º ejemplo la analogía se refiere no ya a un objeto, sino a una situación...

C3B P: *Pero si empiezo a mandar muchísima presión, los labios empiezan a  
9 oscilar, tal como si yo pusiera un par de hojas de papel, soplo un poquito,  
no pasa naranja, empiezo a soplar fuerte y esto empieza a oscilar.*

A lo largo de la clase, el uso de un lenguaje metafórico permite ir construyendo nuevo conocimiento, articulándolo con saberes previos que son de la vida cotidiana.

## **4.5. Caso 4**

### **4.5.1. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación es la última de la materia *Dinámica lineal* de la Carrera de Física de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración de 1 hora y 15' con un intervalo de 10 minutos.

Si inicia planteando la organización y el objetivo de la clase. En la primera parte se presenta un problema para el examen final, vinculado con la *Formación de estructuras*. Se introduce a través de un ejemplo y sus interpretaciones teóricas. Se presentan diferentes maneras de abordarlo. Señala el docente: "Esta es una clase más de preguntas que de respuestas". Explica el problema para el examen final: en qué consiste el tema de la *Formación de estructuras en caracoles*, presenta su desarrollo matemático y muestra caracoles a los alumnos.

Después del intervalo, revisan el cuadro planteado al comienzo de la materia. En él se cruzaban la *Dimensionalidad* (1, 2, 3, n mayor que 3) y la *Linealidad* y la *No linealidad*.

En la última parte de la clase, plantea una analogía entre el campo de investigación y un territorio, e invita a los alumnos a trabajar en “tierras inhóspitas”. Los últimos minutos los dedica a comentarios puntuales sobre el examen final de la materia.

En esta clase el docente utiliza el pizarrón para destacar algunos conceptos, desarrollar fórmulas, graficar diferentes situaciones y hacer gráficos de algunas funciones.

#### **4.5.2. Análisis de la clase.**

##### ***4.5.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.***

A lo largo de esta clase el docente utiliza una serie de recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de construcción del conocimiento. Entre ellos encontramos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas retóricas del profesor.
  - b. Preguntas genuinas del profesor sobre investigación.
  - c. Preguntas reactivas.
  - d. Preguntas del profesor que promueven reflexión y construcción.
  - e. Preguntas del profesor para recuperar saberes compartidos.
  - f. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.
- Desafíos y provocaciones
- Presentación de los científicos en el discurso

##### *4.5.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as*

En esta clase, encontramos una serie de preguntas de diferentes tipos que plantean el docente y también los alumnos.

a. Preguntas *retóricas* del profesor. El docente formula una gran cantidad de preguntas retóricas que dan continuidad al discurso, tal como se observa en los ejemplos que siguen:

C4B1 P: *¿Cómo estudiábamos este problema? Y nosotros vimos en el curso  
9 dos maneras distintas de estudiar este problema. Y déjenme hacerles el mapa de cuál es el mecanismo.*

C4B37 P: *Por eso, sí, una constante, una fuente del sustrato. Este término con signo menos, ¿qué quiere decir? Que cuando yo tuve un término que me incrementaba a a, hizo que me decremente el sustrato.*

El docente va encadenando preguntas y respuestas para ir desarrollando su discurso.

C4B3 P: *¿Qué quiere decir eso? El fuego, por ejemplo. Yo prendo un fosforito y  
5 no explotamos todos. ¿Por qué? Porque con el fosforito, prendo fuego, consumo oxígeno y la activación lo que hace es despertar el sustrato que necesita el fuego para estar bien. Entonces yo lo corto a través de despertar al inhibidor. Entonces para que la inhibición sea otro mecanismo posible, es la inhibición por eliminación del sustrato.*

En muchas de sus preguntas retóricas plantea “¿por qué?”, lo que da lugar a explicitar las razones de incluir ciertos conceptos, ejes o modelos.

C4B4 P: *Bueno ¿por qué les conté estos modelos distintos? Porque no todos  
5 estos modelos nos cuentan de las mismas familias de patrones.*

C4B5 P: *¿Por qué tiempo refractario? Porque durante todo el tiempo que estoy  
3 volviendo acá, yo me la tuve que pasar pegando pataditas de este tamaño y el sistema no reacciona. Recién cuando estoy en esta zona, doy una patadita chiquita y el sistema se puede escapar. O sea que durante todo este tiempo, yo tengo un tiempo, que se llama tiempo refractario, para que el sistema no se excite.*

b. Un segundo tipo de preguntas que trae al discurso del aula el docente, son aquellas que como investigador se hace:

C4B3 P: *Preguntas interesantes en este problema. ¿Cómo son sus*

1 *ecuaciones de amplitud? Preguntas – ejercicio, en realidad ¿no? ¿Cómo son las ecuaciones de amplitud?... ¿Cuáles son las ecuaciones de amplitud? ¿Y qué dinámica tienen? Esta pregunta me encanta y es ¿qué parámetros determinan qué modo se activa?*

Como en el fragmento que se presenta a continuación, el docente no espera la respuesta de los alumnos, pero él tampoco la da. Son preguntas que genuinamente se plantea y que pueden dar lugar a futuras investigaciones.

C4B6 *P: ¿Cómo hacer esto sistemáticamente? ¿Cómo se trabaja en un sistema en donde cada una de las unidades puede dar bifurcaciones y demás? Es un problema completamente abierto. Y yo pienso que se puede motivar, más allá de la anécdota, de la pregunta particular, un trabajo teórico mucho más intenso. Así que bueno, si se animan, problemas interesantes, es ir por acá.*

Estas preguntas tampoco esperan respuestas (al menos en la clase), porque son preguntas que aún la ciencia no ha respondido.

c. Preguntas reactivas del profesor. En la clase se plantean algunas preguntas (no siempre con “formato” de tal, pero sí con intencionalidad interrogativa) que buscan desarrollar y completar alguna idea que el docente quiere desarrollar. En el ejemplo que sigue, el docente formula una pregunta (turno C4B45), frente a la respuesta acotada de un alumno (turno C4B46), el docente repite esa respuesta (turno C4B47), de modo tal que promueve que el alumno complete esa respuesta que, sin embargo, no llega al punto deseado. El docente valora la respuesta pero marca la necesidad de completarla. Y eso es lo que sucede en el turno C4B52.

C4B4 *P: ¿Qué propiedad dinámica, de las que vimos hasta ahora es necesaria para poder lograr un patrón de este estilo?*

A1: *Excitabilidad.*

C4B4 *P: Excitabilidad.*

6 *A1: Excitabilidad, que difunda y que existe. Digamos, que haya difusión y estabilidad.*

7 *P: Sí. Sí. Pero con eso podría lograr, por ejemplo, simplemente si fuera excitar y difundir, un patrón homogéneo que crece. Pero hay algo acá.*

8 *A3: Cuando choca se frena.*

*P: Esa es una. Cuando choca se frena. En realidad acá.*

C4B4 9 *A3: Comporta la refractibilidad. Si vos tenés por ejemplo, tiempo refractario, por ejemplo. Vos tenés tiempo refractario llega la señal y está inhibida por la anterior.*

C4B5 0 *P: Perfecto. Bueno vamos a tomar eso, tiempo refractario.*

C4B5

1

C4B5

2

C4B5

3

d. Preguntas del profesor que *promueven reflexión y construcción*. En la clase, el docente propone situaciones problemáticas que pone en consideración de los alumnos, formulando explícitamente la pregunta para abordarlas.

C4B11 *P: Imagínense ahora que tratamos de esbozar alguna idea de cómo podemos entonces atacar, dentro de este paradigma de análisis, el problema de la división celular de un conjunto de hormonas, de un conjunto de células, perdón. Inicialmente, vamos a tener una bolita llena de estas células que están completamente indiferenciadas y lo que nos proponemos es tratar de encontrar los patrones, del A y del B, de este morfógeno que va a inducir la diferenciación celular.*

*(...)*

*Y tendríamos que resolver este problema. ¿Cuáles son los modos*

C4B12 *naturales para atacar este problema? Es una pregunta a ustedes.*

C4B13 *A3: ¿Cuáles son los...?*

*P: Los modos naturales para atacar a este problema. Yo tengo un*

C4B14 *laplaciano y tengo simetría esférica.*

C4B15 *A1: Pasar a esféricas.*

C4B16 *P: Pasar a esféricas. ¿Cuáles son los autovectores del laplaciano? En*

C4B17 *esféricas.*

*A1: Los armónicos.*

*P: Los armónicos esféricos. Entonces agarramos los armónicos esféricos y proponemos entonces, bueno, que tomen nuestras*

*variables normalizadas.*

e. Preguntas del profesor *para recuperar saberes compartidos*. En esta clase el docente plantea frecuentemente la pregunta “¿se acuerdan?” (o “¿te acordás?”) como recurso para traer a la clase saberes compartidos, construidos en clases anteriores con ese grupo de alumnos.

C4B1 P: *¿Se acuerdan como era la historia? Agarrábamos y reemplazábamos*  
9 *acá y obteníamos que lambda multiplicado por la función de los modos*  
*lineales, y quedaban una serie de ecuaciones lineales para lambda.*

En el fragmento que sigue, a lo largo de todo el turno, el docente va recuperando esos saberes a partir de la pregunta ¿te acordás?

C4B2 P: *Y acá tenías una ecuación que da dos puntos, que era una ecuación*  
1 *que linealmente era estable, ¿te acordás? Acá tenías una ecuación*  
*donde tenías un 9,2 igual a 2, igual a  $-0,1^2/2$ . Más etcétera.*

*(...)*

*¿Te acordás? Yo estoy proponiendo acá que hagan exactamente lo mismo, como una de las estrategias posibles.*

*(...)*

*¿Y cómo habíamos hecho esto durante el curso? Se acuerdan que lo hicimos en el caso del láser. ¿Cómo hacemos en el caso de láser? En el caso del láser decíamos que el campo eléctrico, era una magnitud por e a la l tita ( $\theta$ ), más z 2 menos e a la l tita ( $\theta$ ), suponíamos que había un x, nos fijábamos cual era la acción sobre las variables, y eso inducía una acción sobre los coeficientes del problema.*

En este fragmento, también, el docente plantea una pregunta en la que utiliza un presente continuo, que demanda una respuesta que ya estaba dada y que el profesor entiende como algo que deben conocer y debe ser compartido.

f. Los alumnos realizan diferentes tipos de preguntas que generan distintas respuestas por parte del profesor. En esta clase los alumnos formulan básicamente dos tipos de preguntas: uno de ellos incluye las que se formulan para que el docente aclare alguna de las afirmaciones realizadas. Entre ellas, algunas son sencillas y requieren una respuesta acotada, como en el primer ejemplo que incluimos. Otras, dan cuenta del proceso de construcción que están realizando los alumnos y que requiere de aclaraciones por parte del docente.

C4B3 A6: *¿Más b por a?*

4 P: *Más b sub a.*

C4B3

5

En el ejemplo que sigue, el alumno pregunta para “aclararse”, pone a prueba una hipótesis (C4B44), y busca que el docente confirme su construcción.

C4B3 P: *Pero me lo elimina de una manera que sea proporcional a la cantidad de activador que exista, pero eso es que digo que es por eliminación del activador.*

C4B3 A6: *Y ese a....*

8 P: *¿Cuál?*

C4B3 A6: *Ahí, ese a...*

9 P: *¿Al cuadrado?*

C4B4 A6: *No, no. El a que está atravesado arriba.*

0 P: *¿Éste?*

C4B4 A6: *¿Va también abajo? ¿No?*

1 P: *Eh... no, porque vos no estás eliminando sustrato con eso.*

C4B4 *Simplemente su presencia tiene la acción de eliminar el activador sin que eso decremente el sustrato.*

C4B4

3

C4B4

4

C4B4

5

Un segundo tipo de preguntas que formulan los alumnos en la clase es el refiere a las preguntas que podemos llamar *genuinas*. Se plantean para conocer aspectos nuevos de lo que el docente está desarrollando o para comprender mejor lo que el docente explica.

C4B1 A2: *Pero eso qué es, ¿un laplaciano...?*

0 P: *Ah! Perdón. Entonces lo que él plantea es que tiene que existir cierta*

C4B1 *relación entre A y B para que se forme la estructura.*

1

Para el docente también es necesario comprender el proceso del alumno, qué es lo que está preguntando, qué es lo que realmente quiere saber. Como se ve en el ejemplo previo, el docente reconoce que es necesario explicar algo que daba por sobre entendido. En el que sigue, el alumno necesita plantear más de una pregunta para estar seguro de que está comprendiendo.

C4B2 A2: *¿La estrategia sería usar una cascada de simetría...?*

2 P: *¿Cómo?*

C4B2 A2: *¿La estrategia sería usar una cascada de simetría?*

3 P: *Exactamente*

C4B2 A2: *A partir de... vemos cómo va.*

4 P: *Claro. Vos miras el estado final. Te imaginas con qué lo logras, y*

C4B2 *después haces la predicción de cuáles son los subgrupos en el medio.*

5

C4B2

6

C4B2

7

En algunos casos, las preguntas apuntan a una ampliación de alguna de las descripciones realizadas por el docente, como en el caso que sigue, que requiere que se explique cómo son los caracoles que el docente propone utilizar para resolver el problema.

C4B3 A5: *Yo no entiendo cómo es el caracol.*

2 P: *[Muestra uno de los caracoles que trajo] Vos tenes una cosas*

C4B3 *unidimensional, que lo dibujo con curvitas porque en realidad estoy*

3 *acostumbrado a mirarlos así desde arriba, entonces crece en esta*

*dirección, y va creciendo así. Y si yo me quiero imaginar en un instante*

*dado de tiempo cómo es el registro de lo activado y no activado, tengo*

*que hacer un corte, radial. Entonces en esta zona no hay activación, y*

*en esta zona se activaron todos.*

En todos los ejemplos planteados puede observarse cómo el docente responde las preguntas de los alumnos y además, en algunos de ellos, va más allá de la respuesta requerida: se pone en el lugar del alumno (turno C4B27).

#### 4.5.2.1.2. *Desafíos y provocaciones.*

La propuesta de examen final, sobre la que ronda la primera parte de la clase, se plantea como un desafío para los alumnos. Durante gran parte de la clase se desarrolla la propuesta (del turno C4B31 al turno C4B53). En primer lugar, plantea el “título” el problema (turno C4B31) y luego va desarrollando en qué consiste.

C4B3 1 *P: Y el problema, que es el que les voy a invitar a resolver para el final, es el de la formación de estructuras en caracoles. [Escribe en el pizarrón: Formación de estructuras en caracoles.]*

*Acá el problema es muy parecido, yo lo que tengo son células que tienen la posibilidad de secretar pigmentos y el modelo teórico con el que se trabaja habitualmente, es que estos pigmentos tienen activadores e inhibidores. Y los caracolitos crecen en esta dirección, en la dirección radial, es decir que van creciendo sumando células nuevas acá en el borde. Lo que yo quiero encontrar en un caracol es un registro del radio de los patrones.*

*Es decir, en cada punto lo que yo veo es en  $x$ , en una coordenada unidimensional  $X$ , que es lo que se prendió y que es lo que no se prendió. Y en esa dirección sigo. Evolucionó en esta dirección y yo lo que tengo es para cada instante de tiempo un corte que me dice qué zona estaba activada con pigmentos y qué zonas no estaban activadas por pigmentos.*

En el fragmento que sigue vemos cómo se vincula con el contenido de la materia:

C4B3 3 *P: ...Entonces los modelos que se escriben son del tipo que veíamos al principio de la clase. El primero que propuso este hombre, Meinhart, es el que usamos para el problema de embriología. Pero déjenme, ya que van a hacer un ejercicio con esto, si es que tienen ganas, contarles otros. Vamos a repasar también el de Meinhart...*

El desafío es presentado, por un lado, como un ejercicio a resolver, lo que supone la aplicación de lo que ya saben o deben aprender en la materia para poder hacerlo. Sin embargo, es por otro lado presentado como de una complejidad tal, que su sola resolución alcanza para acreditar la materia:

C4B5 3 *P: Bueno. Con esos elementos, éste es el ejercicio, éste es el ejercicio. De vuelta, este ejercicio tiene las características de que si ustedes lo*

*resuelven, me muestran el resultado y no dan el final. Tengo tres caracoles acá, sacados del viaje a la playa bonaerense, Mar de las Pampas. Estaba lleno de caracoles, especialmente de tres tipos, solamente de tres tipos. Era... Tengo una nena chiquita que no tuvo ningún problema en ponerlos en baldecitos chiquitos mientras ahí paleábamos, tres baldecitos distintos, no se confundió con ninguno. Uno de los patrones es éste. Yo se los voy a pasar, pero el último por favor me los devuelve. En general tiene fondo blanco y esto es una franja marrón. El otro de los patrones que le voy a mostrar es del tipo v corta. El ejercicio es adivinar que quedó acá. Adivinar que quedó en éste.*  
[Muestra los caracoles]

La provocación se presenta también como adivinanza, con lo cual da cuenta de que en la construcción del conocimiento interviene muchas veces el azar, la creatividad, además del trabajo sistemático y riguroso.

De diversas formas el docente les plantea este desafío que es real, ya que supone considerar los saberes construidos para resolver una situación nueva, tal como se plantea en el turno C4B31. También sabe de los límites para resolver el desafío, como se observa en el fragmento que sigue:

C4B6 2 *Y respecto del ejercicio éste, no se lo tomen demasiado en serio, ni este ejercicio ni el de embriología son problemas para tomárselos demasiado en serio. Si están muy inspirados y quieren tirar unos tiros antes del final, tírenselos, pero más bien son proyectos por si alguna vez se les ocurre algo. Pero no dejen de preparar un final para resolver estos ejercicios, porque yo se los planteo engañosamente sencillos. O sea son un poquito más complejos de lo que parecen.*

Luego de plantear este “ejercicio”, el docente explicita algunas problemáticas que su resolución supone. Una de ellas tiene que ver con la “tarea” del alumno que es no sólo aprender, sino acreditar esos aprendizajes a partir de la aprobación de los exámenes finales y el docente reconoce que este desafío puede obturar ciertas tareas (como preparar el examen final de la materia).

Otro aspecto que el profesor plantea es que la simplificación del problema que él realiza, puede hacer creer que su resolución es más sencilla de lo que

efectivamente es, y no sólo por los elementos con los que cuentan los alumnos en esta etapa de su formación, sino por las características propias del problema planteado. Así es que la simplificación puede ser engañosa y, sin embargo, es la que permite el abordaje de la situación. De alguna manera, el docente posibilita que los alumnos lo reconozcan como problema (Pozo, 1994), asuman el desafío y se comprometan en el proceso de construcción de conocimiento a partir de sus búsquedas para enfrentarlo.

#### 4.5.2.1.3. *Presentación de los científicos en el discurso.*

El tercer recurso identificado en esta clase implica presentar al investigador como persona. Se incluyen una gran cantidad de alusiones a lo que implica, en términos del investigador, el involucramiento humano en la tarea de construir el conocimiento. Se trae a la clase la “cocina” de la investigación con relación a lo que supone para quien la lleva a adelante: el esfuerzo, los sueños, la “suerte”, los desafíos, las “resignaciones”, lo que convoca (un buen problema), lo necesario (un buen compañero, suerte...), un territorio en el que sentirse cómodo.

En el fragmento que sigue el docente, hablando como investigador, plantea una situación que como tal lo desafía. Imagina posibles abordajes aunque reconoce que existe la posibilidad de que no se pueda resolver. Se plantea que si esto se consigue, puede suponer aportes interesantes. Reconoce también que en esta etapa de su vida, aparecen otros intereses y prioridades (su hijo).

C4B2 *Vos miras el estado final. Te imaginas con qué lo logras, y después  
7 haces la predicción de cuáles son los subgrupos en el medio. Yo no sé si esto da, pero yo estoy casi seguro de que se debe poder hacer. De lo que estoy seguro es de que si sale, es algo interesante. Son una de las infinitas cosas que no llegue a hacer en mi vida seguramente. No sé. Yo estaba pensando en esto justamente y en lo interesante que iba a ser poder hacerlo, y nada, se despertó mi hijo para que lo tranquilizara con el fútbol. Quedó ahí, inconcluso.*

Plantea una mirada acerca de la formación que relativiza ciertos saberes y al mismo tiempo da cuenta de la dinámica y la transformación que pueden “sufrir” los científicos.

C4B 5 *Hay un dicho que dice que a los 20 tenes que ser matemático, a los 30 tenes que ser físico y a los 40 tenes que ser biólogo. Yo trabajo en biología ahora. Entonces, nada, yo ya me olvidé de todos los teoremas. No me acuerdo de ninguno.*

El docente había planteado (turno C4B1) que iba a introducir un “tema” y un alumno le pregunta si se refería en realidad a un “teorema” (turno C4B2). De ahí su respuesta que alude al “olvido” de los teoremas.

Al finalizar la clase, el docente plantea en primera persona, lo que implica investigar, dando cuenta de los elementos necesarios para construir conocimiento.

C4B6 2 *P: Hay que buscarse un buen problema, un buen compañero, tener suerte y apostar con la carrera de uno. Son temas súper interesantes y detrás de todo esto hay una pregunta teórica que es muy relevante en nuestra disciplina, que es el problema de extender la mecánica estadística a los sistemas fuera del equilibrio. Como les decía antes, lo único que podemos aspirar nosotros por ahora, es agarrar algún sistema en particular, estudiar una propiedad particular y tratar de estudiar ecuaciones promediadas y demás. ¿Cómo hacer esto sistemáticamente? ¿Cómo se trabaja en un sistema en donde cada una de las unidades puede dar bifurcaciones y demás? Es un problema completamente abierto. Y yo pienso que se puede motivar, más allá de la anécdota, de la pregunta particular, un trabajo teórico mucho más intenso.*

El investigador tiene que buscar y también contar con una cuota de suerte y esfuerzo, además de un buen problema y un buen compañero de trabajo.

Hace variadas referencias a “hombres”, “señores” que hacen ciencia. El acento no está puesto en la singularidad, en personas aisladas de comunidades de investigación, sino en el hecho de que, a través de aportes concretos de personas de carne y hueso, es que el conocimiento se va construyendo.

C4B 5 *P: Pero históricamente es muy importante porque es la que trabajó Turing con el problema de cómo se generan patrones en los sistemas extensos. Entonces el problema es que acá, en la formación de la patrones espaciales. Turing dijo: acá hay una cuestión muy interesante:*

*cómo se forman los patrones. Cómo se forman los patrones espaciales. Entonces, lo que este hombre sugirió, lo que Turing sugirió, es que en general, para formar patrones espaciales, hacen falta dos componentes: uno el activador, y otro que llamó inhibidor.*

La ciencia es fruto de construcciones de seres humanos que trabajan, plantean hipótesis, preguntas y modos de abordarlas.

#### **4.5.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

El docente utiliza una serie de recursos para presentar la ciencia. Entre ellos:

- Legitimación del conocimiento.
  - a. Experiencia propia como investigador.
  - b. Científicos relevantes.
- Hablar ciencia.
  - Explicación narrativa.
- Construcción de modelos.
- Uso de metáforas y analogías.

##### *4.5.2.2.1. Legitimación del conocimiento.*

a. Uno de los recursos para legitimar el conocimiento es la apelación a la propia experiencia como investigador, mostrando las preguntas y problemas que se plantea y que pueden dar lugar a nuevos proyectos o aún a programas completos de investigación. Presentamos a continuación un fragmento que da cuenta de esta experiencia:

C4B 5 *P: El tema es formación de estructuras. Y quisiera introducirlo a través de un ejemplo particular, que es el problema de embriología. El problema de embriología, del cual yo no sé nada, la verdad es que no sé nada. Como pregunta científica es súper interesante porque uno lo que obtiene es, que con la fertilización comienza un proceso de división celular y se obtiene una pelota de células, que contiene esa masa homogénea. Le sigue una diferenciación. Esa diferenciación da a lugar a estos organismos tan complejos como uno, estrellitas de mar, los pulpitos, en fin. Entonces una pregunta muy interesante es cómo empieza a surgir toda esa estructura a partir de una masa de células no diferenciadas.*

El docente se presenta como investigador, y como investigador que se hace preguntas, que se plantea nuevas búsquedas y que sabe que éstas surgen, en parte, de ciertos saberes previos. Es un investigador que hace visible el proceso de hacerse preguntas, buenas preguntas sobre cuestiones que pueden ser interesantes para el desarrollo de la investigación.

b. El docente alude también a científicos relevantes. No presenta a los investigadores como *seres iluminados*. Los presenta como personas que trabajan para construir conocimiento. En el fragmento que sigue se destaca este trabajo y el valor de las construcciones para el desarrollo de nuevo conocimiento.

C4B1 *Bueno había un señor que trabajó mucho en embriología, dicho sea de  
1 paso se llamaba Meinhart, escribió definiciones numerológicas con esta  
función, entonces para funciones de tipo A y B, para funciones tipo F,  
perdón, planteaba cosas de este estilo.*

El “dicho sea de paso” da cuenta de que, si bien es importante considerar a las personas que concretamente hacen ciencia es más importante destacar lo que hacen y el esfuerzo que implica.

¿En qué sentido este recurso que el docente utiliza legitima el conocimiento que enseña? En el marco de la formación de estos alumnos en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, como futuros investigadores, el conocimiento se presenta como fruto del trabajo de ciertos científicos que, por otra parte, validan el conocimiento que construyen a partir de la publicación en revistas reconocidas por la comunidad y a partir de su utilización por parte de otros científicos para sus propios desarrollos.

El ejemplo siguiente, por otra parte, muestra como el conocimiento construido por algunos investigadores, da sustento a ciertos desarrollos que el docente plantea.

C4B5 *P: Yo les puedo dar una pista, sobre esto hemos hablado un montón,  
6 pero yo les puedo dar una pista de nombres para leer, por ejemplo J. J.  
Codis, es un tipo que tiene varios Nature sobre interacciones en  
sistemas geonómicos y demás. Bueno, a todo esto, J. J. Codis trabajó  
con Metz en algunos problemas, éste trabaja en todo.*

Aquí, el “*a todo esto*”, muestra el conocimiento que el docente tiene de quienes están desarrollando el conocimiento en el campo y como, por otra parte, no existen investigadores aislados, sino que es el trabajo compartido el que permite seguir construyendo conocimiento. Cita autores concretos, que son reconocidos por sus publicaciones, o que presentan una relación personal con el profesor, que es una fuente de autoridad.

En el ejemplo previo acude a la autoridad del autor que menciona y que está refrendado por la comunidad científica, tal como se deduce por la alusión de que tiene varios *Nature*. El ejemplo siguiente también da cuenta de lo que supone ser parte de una comunidad que investiga, que genera lazos, y se transforma. El docente es parte de esa comunidad, por lo que tiene dos fuentes de validación, es investigador y docente.

C4B6 2 *P: Pero si les interesan trabajos más modernos, de una colega mía, con la que a veces interactuamos: Rita S... Que viene del área de la dinámica y se dedicó a inmunología, a entender lo que pasa con un individuo.*

El docente presenta el conocimiento científico, legitimándolo desde la propia experiencia como investigador y con la inclusión de científicos reconocidos en el campo, que van incrementando el saber científico. Es una ciencia a la que los alumnos, como futuros investigadores, están invitados a “colaborar”.

#### 4.5.2.2.2. *Hablar ciencia.*

La narración para explicar es el modo de hablar ciencia en la mayor parte de esta clase, que es la última del curso de ese año. El docente termina con las siguientes palabras: “*Y con eso yo creo que ya se termina, que es todo lo que tenía que contarles*”(turno C4B62). Después quedan sólo indicaciones prácticas sobre los exámenes. El docente mismo le pone nombre a este modo particular que tiene de explicar.

El fragmento que presentamos a continuación es un ejemplo de esta explicación narrativa, en la que el docente va utilizando diferentes recursos discursivos:

- Recapitula, recupera lo trabajado antes:

C4B58 *P: Voy a tomar la última media clase, para, muy informalmente, discutir el cuadro con el que empezamos la materia. Se acuerdan acá teníamos la dimensionalidad y acá teníamos la linealidad y la no linealidad. Y acá habíamos hablado de dimensión 1, 2, 3, n mayor que 3, ma non troppo, 4, 5. ¿Qué conocen ustedes? Muy bien. ¿Qué conocen muy bien? Electro, la cuántica, la dinámica estadística. Esto lo conocen bien. Trabajaron con teorías lineales, la cuántica es una teoría lineal.*

- Sintetiza:

C4B58 *Entonces lo que tienen que agregar ustedes al parcial... lineales. El electro como interacción de la variación con la materia, eso lo estudian como sistema lineal. Son situaciones parecidas a las derivadas parciales pero lineales. La mecánica estadística es una... y trabajan con sistemas armónicos o trabajan con sistemas no lineales pero acotados en el espacio de fase.*

- Destaca, valora, jerarquiza:

C4B58 *Todo esto también entra en el parcial, los sistemas lineales en algún momento, vimos en detalle lo que ocurría con un sistema lineal unidimensional, simplemente para señalar, recordar que un sistema lineal unidimensional tiene o un punto fijo aislado o infinitos generados, para sistemas bidimensionales clasificamos los sistemas en función de los autovalores, porque nos iba a ser muy práctico tenerlo presente, porque nos iba a ser muy práctico tenerlo presente, acá teníamos el oscilador armónico, tenemos el punto de ensilladura, etc. Acá hicimos una clasificación exhaustiva.*

En este segundo fragmento, que continua al anterior, el docente, además de recapitular lo anterior, incluye lo nuevo que supuso el desarrollo de la materia. Plantea aquellos conceptos que son centrales y que los alumnos deben manejar.

Vemos que en la primera parte del fragmento, la recapitulación no sólo se refiere a lo trabajado en la clase, sino a toda la materia y aún más, a casi toda la carrera. Alterna entre afirmaciones en 3º persona del singular sobre cuestiones teóricas, con afirmaciones en 1º persona del plural que muestran el manejo de

ciertos saberes. Finaliza diferenciando su posición y la de los alumnos (1º y 2º persona del singular y del plural respectivamente) para mostrar el camino recorrido y el que les queda por andar según su visión docente.

C4B5 8 *P: Para el sistema de dimensión tres, no hay novedades. Escribimos las fórmulas generales en la práctica. La solución general del problema de la derivada de  $a$  respecto de  $t$ , igual a una matriz  $b$  multiplicada por  $a$ . Lo resolvimos explícitamente. Así que acá no hay sorpresas, todo esto lo conocemos. Yo les diría que cuando terminan la carrera, todo el cuadrado de arriba, ustedes son expertos en esto. Puede ser que tengan que repasar alguna cosa, pero esto lo conocen.*

En la segunda parte del fragmento destaca los conceptos nuevos y centrales que se desarrollaron en la materia. En este caso también alterna la 3º persona del singular y la 1º del plural y va construyendo así un tipo propio de narración.

C4B58 *Este curso lidió con lo que pasa acá abajo. [señala la tabla escrita en el pizarrón] Y algo a lo que le dimos mucha importancia, es a los sistemas unidimensionales porque integran algunas de las propiedades más interesantes de los sistemas no lineales en general. Por ejemplo, que cuando uno cambia un parámetro, cambia el número de soluciones estacionales que coexisten. Los cambios cualitativos de la estructura de los flujos se dan bifurcaciones. Y empezamos a estudiar bifurcaciones en el problema unidimensional. Y en el problema unidimensional se ponía en evidencia, ya cuando cambiaba el número de puntos fijos, que podía coexistir más de un punto fijo. Y estudiamos en una forma exhaustiva distintas maneras de hacer aparecer estos puntos fijos: la bifurcación de Moncillos, la transcítica, la sadenol, la bifurcación transcítica, la bifurcación de Pitfall.*

En la última parte del fragmento se observa como el docente jerarquiza los conceptos que los alumnos tienen que comprender en profundidad. Para hacerlo, en este caso, alterna entre la 2º persona del plural (para destacar lo que tienen que comprender de alguna manera en tiempo futuro), la 3º persona singular y la 1º persona del plural, que marca lo que ya fue trabajado en las clases y debería formar parte de los aprendizajes ya construidos.

C4B58 *Éstas por ejemplo, ustedes tienen que conocer muy bien cuáles son las bifurcaciones, cuáles son sus formas normales. Eso lo tienen que conocer muy bien. Y vimos que influencia tenía la topología en sistemas unidimensionales: si era  $r$  o si era  $s$ . En sistemas tridimensionales aparecieron las oscilaciones no lineales, y en particular vimos la bifurcación de Hopf. Y estudiamos según la bifurcación normal, la aparición de un ciclo límite, por la perturbación de una órbita homogénea. Esto lo terminamos de ver cuando estudiamos mapas. Es decir, las soluciones que nacen con amplitud cero y frecuencia finita, o las que nacen con amplitud finita y frecuencia infinita. Estas oscilaciones tienen que entenderlas profundamente bien. Espero que las entiendan bien y de la bifurcación de Hopf espero que sepan formas normales y demás.*

En el último fragmento de esta explicación, continúa recapitulando y jerarquizando saberes. Utiliza nuevamente la 1ª persona del plural para destacar lo trabajado a lo largo de la materia y cambia a la 1ª persona del singular para destacar aquello que considera como uno de los aprendizajes más valiosos de la materia. Cierra la explicación con una afirmación contundente.

C4B5  
8 *Con el sistema de dimensión tres, vimos aquellas cosas que podían entenderse con las herramientas anteriores, pero ya hicimos un primer esfuerzo para salir del plano y construir, escapando del problema de los flujos, construir mapas. Y acá lo que hicimos fue estudiar algunos mapas, específicamente, o sea, concretamente el mapa de la herradura y la gran sorpresa es la aparición de órbitas caóticas u órbitas irregulares, etcétera. Yo espero que sepan bien cómo funciona el mapa de herradura, qué estructura tiene el conjunto invariante, cómo se pueden ubicar las órbitas periódicas, cómo se puede trabajar en un caso concreto para pasar de un problema analítico a un problema algebraico. La herradura de Metz es un tema importante. De manera que yo les diría que, por más que sean sorprendentes, por más que sean sorprendentes, que sean interesantes, el caso de  $n$  igual a tres es un caso, yo diría, resuelto. El problema de  $n$  igual a tres, es un caso tan resuelto casi como el problema de  $n$  igual a 1 y  $n$  igual a dos. Es un problema resuelto.*

Utiliza también un lenguaje que “atrapa” en el relato:

- Hay esfuerzo: *ya hicimos un primer esfuerzo.*
- Escape: *escapando del problema de los flujos.*
- Sorpresa:
  - o *la gran sorpresa es la aparición de órbitas caóticas u órbitas irregulares*
  - o *por más que sean sorprendentes, por más que sean sorprendentes, que sean interesantes, el caso de  $n$  igual a tres es un caso, yo diría, resuelto.*
- Problemas y soluciones:
  - o *cómo se puede trabajar en un caso concreto para pasar de un problema analítico a un problema algebraico*
  - o *Es un problema resuelto.*

La presentación de la ciencia en gran parte de la clase, a través de una explicación narrativa, con los *ingredientes* que le son propios, la hacen accesible a sus alumnos.

#### 4.5.2.2.3. *Construcción de modelos.*

En esta clase el docente convoca al investigador en la mayoría de las ocasiones y se “presenta” a sí mismo como tal. En esta clase se enseña recuperando los modos de trabajar, las dificultades, los desafíos que enfrenta un investigador. Y una de sus tareas específicas es la construcción de modelos. A lo largo de la clase observada, se encuentran numerosas referencias a esta tarea. Presentamos a continuación algunos ejemplos:

CAB3 P: *Este es el que habíamos estudiado hace un ratito, pero hay otros*  
3 *modelos para la formación de patrones. Uno de ellos, explico uno, es inhibir a través de la eliminación del sustrato que necesite el activador.*

En el siguiente ejemplo se pone en evidencia que la construcción de la ciencia se realiza a través de diferentes modelos y el docente lo hace aludiendo a cada uno de los que permiten abordar el tema que se está desarrollando en ese momento de la clase.

C4B3 P: *Y en este tren de jugar con los modelos posibles, todos los cuales*  
5 *satisfacen este diagrama inicial que habíamos dicho antes: un activador, un inhibidor, una difusión y otra difusión. Otro modelo*

*posible, para dar cuenta de los patrones que podrían tener un excitador y algo que lo inhiba, es el tercer modelo que se utiliza en la literatura, es la eliminación del activador. Inhibición, por eliminación del activador.*

La presentación de modelos construidos o en construcción, da cuenta de cierta visión de ciencia, dinámica, que se plantea la posibilidad de mirar el mundo desde diferentes perspectivas, cada una de ellas con sus propias reglas y componentes.

El docente explicita, además, las razones para plantearlos diferentes modelos:

C4B43 *P: Bueno ¿por qué les conté estos modelos distintos? Porque no todos estos modelos nos cuentan de las mismas familias de patrones.*

Frente a las perspectivas que plantean que se estudia “la realidad”, el docente muestra que hay investigadores que estudian “modelos”.

C4B5 *P: Pero esta gente está empezando a estudiar modelos, estos modelos de small world network, estos modelos de los que estamos hablando y demás. Acá pueden seguir los esfuerzos de un tipo que se llama Watts, que es un sociólogo de hecho, pero que trabajó con.... En el dibujito que ustedes ven es un tipo muy interesante. Watts y Strogatz trabajan en eso. ¿Qué otro ejemplo les podría mostrar? Bueno existen infinitos.*

La alusión constante en la clase, a la construcción y al uso de modelos en la ciencia, da cuenta de un modo particular de entender cómo se construye y se valida. Nos permite pensar en la concepción semántica de modelo a la que aludimos en el capítulo 3.

#### 4.5.2.2.4. *Uso de metáforas y analogías.*

En esta clase, al igual que en el caso 3, la ciencia se presenta como un territorio a explorar, a “urbanizar”. Investigar es, en primer lugar, elegir qué territorio transitar y cómo hacerlo:

C4B5 *P: En este tema se trabaja, pero la metáfora con la que yo me lo pinto, es que hasta hace algunos años pasaban cosas muy entretenidas en*

*este campo, muy entretenidas. Y ahora a mí me gusta decir que es tierra de notarios, dentistas, es decir, es un terreno totalmente pavimentado, ya hay luces de neón, la gente se sienta sofisticadamente en los bares a criticar a los vecinos, lo que hacen los demás, quién es más prolijo, quién es menos prolijo. Digamos, mucha gente, la gente es muy prolija en este tema. Tiene ventajas. Si a ustedes les duele una muela van al dentista, tienen conflicto van a un notario, ponen orden. Está todo bien acá. Si ese es el tipo de pintura donde se sienten cómodos, este es el lugar para estar. Esto ya es una ciudad. N mayor que tres es un territorio raro, este es un territorio como de los suburbios, o viene a ser turismo de aventura, ¿no? Esto ya se entiende, son cosas menos entretenidas, pero de última uno sabe que nunca le va a pasar absolutamente nada, porque hay herramientas. Por ejemplo, si uno utiliza los mapas, puede hacer mapas de  $R^3$  en  $R^3$  y utilizar álgebra, y las cosas se pueden hacer con cierto rigor. Ahora, a mí en particular, por ejemplo, físicos trabajando en esto tratando de encontrar observables que permitan refutar o validar modelos y sistemas mayores... que vimos hace un par de clases. Hay cosas que se pueden hacer, es entretenido*

Las metáforas y las analogías tienen una gran potencialidad a la hora de favorecer la comprensión. La posibilidad de pensar la ciencia como un territorio, permite reconocer que existen diferencias y éstas responden a distintas causas. En algunos casos se trata de características “naturales” (presencia o ausencia de ríos, lagos, montañas, valles...) y en otros, de las transformaciones que el hombre ha hecho en él (urbanizar, por ejemplo): hay características propias de los objetos de conocimiento y también abordajes y construcciones que los investigadores han desarrollado.

Investigar se puede también comparar con las relaciones humanas. Las analogías que el profesor ofrece son diversas. Hay relaciones “incómodas”; para algunos no lo son, pero para otros es necesario dejarlas. Algunos las “soportan”; otros, en cambio, se sienten “cómodos” con los temas y áreas de investigación.

C4B5 P: Pero yo me siento muy incómodo acá. Es una de esas relaciones en  
6 las que uno pasó mucho tiempo, piensa que va a estar cómodo, pero nunca termina de estar cómodo y finalmente las tiene que dejar. En este lugar yo no me puedo quedar.

Investigar en ciertas áreas, por último, puede plantearse desde este docente, como una “aventura”:

C4B5 6 *P; Si a ustedes les gustan los piratas y la aventura, aventura, el lugar para estar es acá. En este lugar no sabemos qué es lo que pasa. Tiene un montón de preguntas interesantes. Acá por ejemplo, como decíamos antes, está la neurociencia computacional. Acá por ejemplo uno pone muchas unidades excitables y trata de imaginarse qué es lo que pasa y no tienen ni idea. Las preguntas son fascinantes.*

El trabajo del investigador se plantea así como una invitación a explorar un mundo desconocido que requiere de personas arriesgadas y apasionadas por conocer. Las metáforas y analogías cumplen, en esta clase, varias funciones:

- Hacer más comprensible el trabajo de investigación, mostrando cómo existen áreas más exploradas, trabajadas, desarrollados por los científicos.
- Presentar una visión de la investigación como un trabajo apasionante.
- Motivar y persuadir al alumnado sobre una visión concreta del trabajo científico.

Para ello, además, son metáforas que invitan al alumnado como agentes protagonistas. El profesor utiliza la segunda persona del plural continuamente, colocando a los alumnos y alumnas como sujetos posibles de las acciones que son descritas como parte de la aventura de la ciencia.

## **4.6. Caso 5**

### **4.6.1. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación es de la materia *Física 1 para Biólogos y Geólogos* de las Carreras de Biología y de Ciencias de la tierra de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración de 2 horas con un intervalo, para descansar, de 10 minutos. Participaron 30 alumnos.

En términos del contenido, la clase tiene dos grandes momentos. El primero de ellos, referido al tema *Capacitores*. Se hace una descripción, con la ayuda de esquemas y dibujos en el pizarrón, de un circuito eléctrico y sus elementos. Se

plantea que se van a analizar las interconexiones más típicas de capacitores entre sí: en serie y en paralelo. Se desarrollan y se plantean algunos problemas y se desarrolla una fórmula que sintetiza la *ley de capacidades* y cuál es su sentido.

En la segunda parte se desarrollan temas que quedaron pendientes de la clase anterior. El docente los retoma y luego, plantea en qué se puede “usar” lo que estuvo desarrollando.

Luego del descanso, propone una aplicación de lo trabajado previamente e introduce nuevos conceptos. Tras mostrar una serie de ejemplos, recuperando los conceptos planteados previamente en la clase, finaliza diciendo: “*Bueno, nada más*”.

A lo largo de toda la clase usa el pizarrón para realizar gráficos, escribir fórmulas y destacar conceptos.

#### **4.6.2. Análisis de la clase.**

##### ***4.6.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.***

A lo largo de esta clase el docente utiliza principalmente dos recursos para comprometer a los alumnos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas retóricas del profesor.
  - b. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.
- Uso particular de los pronombres

##### *4.6.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as*

a. Preguntas *retóricas*. En esta clase las preguntas retóricas se convierten en uno de los recursos estructurantes de la clase. El docente plantea un gran número de este tipo de preguntas que cumplen como función dar continuidad al discurso y transformarlo en una estructura dialógica.

A continuación se presentan ejemplos de estas preguntas que el docente plantea e inmediatamente responde, dado que no espera que los alumnos lo hagan, ya que no se trata de una pregunta *genuina*:

C5C  
1 *P: Es decir, si yo pongo esto dentro de una caja negra y alguien me dice: vea dentro de la caja hay un único capacitor, me miente digamos, no me dice que hay dos, me dice hay un único capacitor, descubra usted qué capacidad tiene ese capacitor que está dentro de la caja. ¿Yo que haría?*

Luego de hacerse esta pregunta, el docente se responde, planteando estrategias de resolución y explicitando lo que está por detrás de esas estrategias:

C5C  
1 *P: Para descubrir la capacidad del capacitor tengo que pensar que la carga del capacitor es igual a la capacidad por la diferencia de potencial, por lo tanto, pondría una cierta cantidad de carga,  $q$  de un lado y menos  $q$  del otro, es decir, haría entrar por las patas de la caja una carga  $q$  de un lado y una carga  $-q$  del otro, mediría la diferencia de potencial y bueno, y respondería que la capacidad equivalente...*

En el segundo ejemplo el docente plantea una serie de preguntas retóricas que posibilitan la exposición de los contenidos.

C5C  
3 *P: Hablando de que el capacitor es un almacén de energía electrostática, yo la clase pasada les di el ejemplo del borrador que uno puede almacenar energía potencial, y en el momento que lo precise lo deja caer y de esa manera lo convierte en energía cinética, pero ¿cuál es el equivalente en el caso electrostático del capacitor? Uno puede almacenar energía electrostática y eso lo habíamos entendido, pero ¿cómo la usa después? ¿De qué manera lo usa? ¿Qué es lo equivalente a dejar caer el borrador?*

*Bueno, por ejemplo uno podría tener un capacitor cargado, haber almacenado esa energía electrostática y después tomar las patas del capacitor y conectarla con una lamparita, ya que habíamos hecho un rato de una lamparita, con lo cual habría un destello de luz en la lamparita, bueno, eso es lo que ocurre en un flash por ejemplo.*

Como puede observarse en el fragmento previo, luego de hacer las preguntas, el docente propone algunas respuestas posibles.

En algunos casos como el que sigue, el docente, explícitamente, alude a los alumnos planteando una pregunta que podrían hacerle, esto es, utiliza el recurso narrativo de las preguntas retóricas como si los agentes fueran los propios alumnos o alumnas. El docente razona en voz alta y convierte su discurso en una especie de conversación razonada o razonamiento en voz alta a través de una sucesión de preguntas y respuestas:

C5C 3 *P: Y ustedes me van a decir ¿por qué no puso la constante abajo también? Bueno, podría haber puesto la constante abajo, lo que pasa que yo tengo una sola condición de empalme, tengo que poner la continuidad de  $r$  chica igual a  $R$  grande y para eso me basta con una constante, puedo ponerla abajo o puedo ponerla arriba, lo que pasa que hay una convención, que es la convención de dónde se elige el cero del potencial, no sé si esto ya lo han hablado en la clase práctica...*

Este uso da cuenta del conocimiento que el docente tiene del contenido que enseña y de los alumnos que cursan la materia. Sabe cuáles pueden ser sus dudas y cuestionamientos, y los incluye en su discurso.

En el fragmento que sigue, encontramos otros ejemplos de este tipo de preguntas:

C5C 4 *P: Si esa acción es muy intensa puede llegar a romper la molécula, ionizarla, entonces una vez que la molécula se rompe, que se ioniza, que queda descompuesta en dos partes, una con carga negativa y otra con carga positiva, ¿que le va a pasar a cada parte? La carga negativa va a ser atraída por la positiva, se va a meter en el conductor, la carga positiva va a salir disparada para acá, ¿está bien?*

*(...)*

*¿Qué les parece que puede llegar a suceder cuando un ion a gran velocidad choca contra otra molécula? Puede ser que la ionice también, que la rompa también por el efecto del choque, de manera que en este viaje que intenta hacer la carga hasta allá, la carga positiva, la que quedó suelta, este, va a ir chocando otras moléculas y las va a ir ionizando también, con lo cual van....*

Los hace participar de la explicación invitándolos a imaginar qué pasaría si se presentara cierta situación, utilizando una serie de preguntas retóricas:

C5C 4 *P: Ahora, imagínense qué es lo que pasaría si, si primero yo coloco acá una placa metálica, por ejemplo. ¿Qué pasaría? Si esta es una placa metálica, bueno, habiendo tantas cargas positivas, acá se va a inducir cargas negativas, ¿no es cierto? Y si la placa está descargada, del otro lado de la placa quedarán algunas cargas positivas, eso sería una inducción, una inducción de la placa de arriba debido al cuerpo de abajo. Ahora ¿qué pasaría si por acá, por el aire... este... consideremos una molécula cualquiera de aire que se aproxime a la punta? En la molécula, bueno, la molécula está formada por 1, 2, 3 átomos, depende la molécula de la que se trate y en esos átomos hay cargas positivas y cargas negativas.*

....

*¿Qué les parece que puede llegar a suceder cuando un ion a gran velocidad choca contra otra molécula? Puede ser que la ionice también, que la rompa también por el efecto del choque, de manera que en este viaje que intenta hacer la carga hasta allá, la carga positiva, la que quedó suelta, este, va a ir chocando otras moléculas y las va a ir ionizando también...*

En síntesis, las preguntas retóricas que utiliza este profesor son recursos para la narración de la ciencia de una forma dialogada o razonada, en la que se suceden con una lógica argumentativa, preguntas y respuestas. Estas preguntas pueden tener como sujetos hipotéticos al propio autor de la narración (el profesor), a los alumnos como supuestos interlocutores incluidos en el discurso del profesor o pueden ser de carácter impersonal.

b. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor. En esta clase los alumnos intervienen en 5 oportunidades, ninguna de ellas es a solicitud del docente. Una de las intervenciones es para pedir aclaración acerca de una fórmula:

C5C A3: *¿Por qué le suma  $l \cos \delta$ ?*

Esta pregunta da lugar a una aclaración del docente:

C5C1 P: ... ¿se ve eso? Hay una aproximación física que es muy  
0 frecuente

Otra de las intervenciones de un alumno permite al docente reconocer un error en una de las fórmulas y corregir lo que ha escrito en el pizarrón.

C5C1 A1: Una pregunta ¿no queda la distancia,  $d1$  al cuadrado?  
1 P: Porque (le pone el cuadrado). Esto era una cosa esencial.  
C5C1 Gracias.  
2

Entre las intervenciones de los alumnos, hay 2 preguntas *genuinas*, que van más allá de lo dicho por el docente. Los alumnos muestran un verdadero interés, generado por la clase, de saber algo que no saben. La primera de ellas es la siguiente:

C5C A1: Pierde la capacidad por estar así en serie pero... ¿gana algo? O sea...  
2 ¿sirve de algo?

Como señalamos previamente, estas intervenciones surgen espontáneamente en los alumnos, no son solicitadas por el docente que las *incluye* en el desarrollo de la clase:

C5C P: Digamos eh, si algo ganas podría decirse así, pero no me resultan las  
3 cosas muy... muy significativas, para una dada carga que vos quisieras almacenar, recuerden la idea de que el capacitor es un almacén de carga o de energía electrostática. Para una dada carga que quisiera almacenar, este... la estás almacenando digamos hacien... y para un dado potencial a cada capacitor lo estás sometiendo a menos potencial, los capacitores tienen una diferencia de potencial máximo que pueden soportar, de manera que puede ser que necesiten entonces, este... algún juego de ese tipo para que cada capacitor no soporte una tensión demasiado grande, pero no. No me parece una...

Esta inclusión asume un carácter diferente con relación al tipo de intervención de que se trate. En el caso de las preguntas “genuinas”, el docente

responde de manera diferente dado que la índole de las preguntas es diferente. La primera pregunta genuina que presentamos (turno C5C2), se articula claramente con el contenido previsto para la clase: se trata de entender si un tipo de conexión (la conexión en serie) tiene algún valor, “¿sirve de algo?”. El docente responde recuperando los conocimientos previos que pueden ayudar a los alumnos a construir una respuesta propia.

En el segundo caso, *¿Cómo se carga una nube?* (turno C5C5), la pregunta del alumno va más allá de la temática específica planteada para la clase, y aquí el docente *ensaya* nuevamente una respuesta pero se reconoce poco “informado” sobre la cuestión y remite a especialistas en la misma (o al menos, a quien ha plasmado el conocimiento sobre el tema, en un libro). Los invita a buscar la información allí y se compromete a hacerlo él también. El docente asume el interrogante y no plantea esta estrategia para *liberarse* de la pregunta.

C5C P: *Y se puede cargar por rozamiento por ejemplo con otras nubes.*  
6 *Francamente la cuestión precisa no la conozco hay un capítulo en el libro de Feymann es un libro que yo no les di en la bibliografía porque es un libro para físicos más bien pero el curso de Feymann... porque es un tema que pocos tratan esto de las tormentas eléctricas y cómo se cargan las nubes y todo eso ¿no? Pero en el libro de Feymann en el tomo 2 que es el tomo de electricidad y magnetismo hay todo un capítulo dedicado a esto así que pueden buscar ahí y si yo me acuerdo lo busco y lo comento la clase que viene... este... Pero bueno este sería el mecanismo del pararrayo. Fíjense entonces que un elemento que uno considere como aislante como podría ser el aire seco por ejemplo o algún otro material no importa puede llegar a volverse conductor por esta ruptura que se produce al aplicar un campo muy intenso esto de romper moléculas y ionizarlas y que cada uno de los iones forme parte de la corriente indica que cuando uno habla de un material aislante no puede decir que sea 100% aislante es aislante si no se le aplica un campo eléctrico muy intenso hay materiales que son mejor aislantes que otros porque soportan campos eléctricos más intensos sin llegar a esta ruptura...*

La respuesta es también “genuina”, como si el docente no se hubiera hecho antes esta pregunta. Construye la respuesta relacionando el tema con otros ya planteados, buscando ejemplos, haciendo analogías, sin quedarse conforme de todos modos, con la respuesta. Se podría pensar que el docente no conoce el

tema, pero sin embargo, en el marco de la clase y de la materia como totalidad (y lo que se aprecia en los comentarios de los alumnos sobre el docente), esta situación parece dar cuenta de que no hay respuestas para todas las preguntas, que deben construirse y, de alguna manera, el docente actúa como *modelo*, explicitando el modo en que intenta encontrar respuestas a nuevas preguntas (aunque no sean necesariamente *grandes* preguntas).

La quinta intervención no es audible, pero la respuesta del docente parece corresponder a una pregunta en relación con alguna cuestión matemática propia de la fórmula, tal como se infiere de la respuesta del docente.

C5C9 A3: *¿Por qué le suma  $l \cos \delta$ ?*

C5C1 P: *... ¿se ve eso? Hay una aproximación física que es muy frecuente*

#### 4.6.2.1.2. *Uso particular de los pronombres*

A lo largo de la clase el docente emplea un lenguaje inclusivo vinculado al uso constante de los pronombres en primera persona del plural. Hace partícipes a los alumnos del proceso de construcción que se desarrolla en la clase, utilizando también la segunda persona del plural, seguida ésta de afirmaciones sobre el saber que ya manejan.

Como observamos en el ejemplo que sigue, el docente combina ambas personas del plural, poniendo el *saber* en “Uds.” y el no saber (aún) y el *futuro* o la *posibilidad*, en el “nosotros”:

C5C 1 P: *... esos alambres sirven para conectar al capacitor con otros elementos del circuito que todavía no conocemos, que van a ser las resistencias... las baterías sí las conocen, ustedes saben que tienen un polo... un borne positivo y un borne negativo. Eso lo conocen y bueno, cuando veamos pilas y baterías. El dibujo va a ser así: donde la línea larga corresponde al borne positivo y la línea chica corresponde al borne negativo... así que lo podemos identificar así.*

En el ejemplo siguiente, nuevamente se encuentran, una a continuación de la otra, la primera y la segunda persona del plural. El docente involucra a los

alumnos en la clase (queremos) y los empodera, afirmando que recuerdan, que manejan un saber necesario para seguir la clase.

C5C 3 *P: Perdón porque acá hay otro tema que queremos considerar, ustedes recuerdan que el potencial estaba siempre definido a menos de una constante, es decir, si yo le sumo la constante, la derivada de la constante se esfuma, la derivada de una constante es cero, así que si yo aumento a  $b$  por una constante, el campo eléctrico no se altera*

En el fragmento que sigue, observamos el uso de las dos personas del plural afirmando, por un lado, la existencia de un saber compartido y, por otro, el reconocimiento del saber de los alumnos. Esto puede funcionar también como señalamiento de que es un saber que ya deberían manejar y por tanto, es responsabilidad y tarea de los alumnos hacerlo. Es otra forma de comprometer a los alumnos en la construcción del conocimiento.

C5C 4 *P: Ya sabemos que esa carga va a estar sobre la superficie y ya sabemos que se va a juntar más donde haya una punta, entonces éste sería más o menos el gráfico de lo que podría ocurrir. Como consecuencia de esto en la proximidad de la punta hay un campo eléctrico muy grande, es otra de las consecuencias que vimos antes... Entonces, el campo eléctrico sobre un conductor, como ustedes saben, es proporcional a la densidad de carga y si la densidad de carga es mayor donde está la punta el campo eléctrico es grande.*

Utiliza en muchas oportunidades, la primera persona del plural para hacerlos parte del proceso de construcción:

C5C 6 *P: Yo les dije que, por un lado habíamos averiguado que, dentro de un conductor el campo eléctrico era cero, eso significaba dentro de la masa del conductor, dentro del material conductor y siempre que tuviésemos en equilibrio electrostático, va a dejar de ser cierto cuando pase una corriente dentro del conductor.*  
*Pero nosotros por ahora estamos estudiando el equilibrio electrostático, y les dije la clase pasada que no sólo eso ocurría dentro del material conductor, sino que si hacíamos un hueco dentro del material, de manera que estuviese completamente rodeado por el conductor y si ese hueco está vacío, si ponemos carga acá dentro es otra historia, si ponemos*

*carga acá van a nacer líneas de campo o van a morir líneas de campo, pero si ese hueco está vacío, entonces dentro del hueco también es cero el campo eléctrico.*

En esta clase, como ya mencionamos, los alumnos sólo intervienen en 5 ocasiones, ninguna de ellas a pedido del docente. El uso particular que éste hace de los pronombres, especialmente, de la primera y segunda persona del plural, hace parte a los alumnos del proceso de la clase, los compromete con su desarrollo, favoreciendo la recuperación de saberes previos e invitándolos a participar de la construcción de los nuevos conocimientos.

#### **4.6.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

El docente utiliza una serie de recursos para presentar la ciencia. Entre ellos encontramos:

- Explicitación de supuestos y convenciones.
  - a. Supuestos didácticos.
  - b. Supuestos epistemológicos.
- Legitimación del conocimiento.
  - a. Presentación de experimentos y demostraciones.
  - b. Experiencias compartidas
  - c. Autoridad docente.
- Hablar ciencia.
  - Explicación narrativa.

##### *4.6.2.2.1. Explicitación de supuestos y convenciones.*

Existen diferentes supuestos, por debajo de las teorías, que se van explicitando de diferentes maneras. Para este docente se hace necesario señalar aquello que sustenta las distintas explicaciones o planteamientos.<sup>20</sup>

Encontramos dos tipos de supuestos explicitados:

- Aquellos que forman parte de cualquier explicación didáctica (lo que algunos investigadores llaman “lo dado”<sup>21</sup>) y sobre los que se sostienen ciertas

---

<sup>20</sup>No nos referimos aquí a las propuestas que hace el docente, en varias oportunidades, invitando a “suponer”, a hipotetizar situaciones.

<sup>21</sup>Ver: Mercer, N. (2001) *Palabras y Mentes. Cómo usamos el lenguaje para pensar juntos*. Barcelona: Paidós. Y Sánchez, E. y Leal, F. (2000) La diafonía en una explicación magistral: más que una simple voz, una mediación. En *Cultura y Educación*. 19. 47-66.

afirmaciones. Son, en muchos casos, muestras del *oficio*, atajos que los expertos en un campo utilizan y que a veces quedan implícitos y los alumnos no logran comprender.

- Los supuestos que podemos denominar “epistemológicos” y que en algunos casos se han convertido en convenciones. Estos últimos supuestos se convierten en objeto de la clase o se explicitan para mostrar los modos de construir y trabajar en la disciplina. Permiten comprender mejor su estructura sintáctica (Schwab, 1973).

El señalamiento constante que se hace en estas clases da lugar a una mirada crítica acerca del conocimiento, y también de los procesos de enseñanza y aprendizaje que se desarrollan en ellas.

Un ejemplo del primer tipo de supuestos se presenta a continuación:

C5C  
1 *P: Con lo cual estoy diciendo que la diferencia de potencial la puedo descomponer en tramos y después sumar, es decir, esto no es ningún misterio, lo que estoy diciendo, que la diferencia de potencial entre a y b es la diferencia de potencial entre a y c, más la diferencia de potencial entre c y b. No es ningún misterio porque al fin y al cabo lo que estamos haciendo al descomponer esta integral en dos tramos, es decir que  $V_a - V_b$  lo puedo escribir también sumando y restando  $V_c$  porque si yo sumo y resto  $V_c$  no cambia nada, sigue dando  $V_a - V_b$ .*

El docente plantea en dos oportunidades que “no es ningún misterio”, se trata de explicitar un procedimiento que se ha automatizado y que es fácil de comprender si se sabe de dónde surge.

El ejemplo que sigue se refiere al segundo tipo de supuestos, que dan cuenta de los aspectos epistemológicos a los que nos referimos previamente:

C5C  
3 *P: Bueno, podría haber puesto la constante abajo, lo que pasa que yo tengo una sola condición de empalme, tengo que poner la continuidad de r chica igual a R grande y para eso me basta con una constante, puedo ponerla abajo o puedo ponerla arriba, lo que pasa que hay una convención, que es la convención de dónde se elige el cero del potencial (...). Se elige el cero de potencial, se elige porque el cero de los potenciales siempre es una convención, siempre están definidos a menos*

*de una constante, bueno, se elige esa constante para que el potencial sea cero en el infinito.*

La presencia constante de estos señalamientos da cuenta del valor que el docente le otorga a esta cuestión. Aprender ciencia implica aprender sus modos de pensar y “pensarse” y, para hacerlo, es necesario este constante *meta-análisis*: no sólo hablar ciencia, sino hablar *sobre* ella.

#### *4.6.2.2.2. Legitimación del conocimiento*

Para legitimar el conocimiento que enseña, este docente hace uso de tres recursos: su autoridad docente, la presentación de experimentos y la alusión a experiencias compartidas.

a. El docente explica el valor y el sentido de realizar un experimento para demostrar una de las propiedades que está desarrollando. En el ejemplo que sigue, el docente plantea la necesidad de tener en cuenta ciertas condiciones para su realización.

C5C 6 *P: Bueno, hoy queremos demostrar esta propiedad y yo les había dicho que esta propiedad era muy importante porque permitía blindar regiones de un laboratorio de campos eléctricos externos, si yo quiero practicar un experimento y quiero aislar el experimento de cualquier influencia eléctrica externa, entonces hago el experimento en lo que se llama caja de Faraday, es el nombre que se le da a esta forma de blindaje, hago el experimento dentro de un material conductor, lo rodeo de un material conductor y de esa manera blindo la región del experimento de influencia eléctrica externa. Bueno caja de Faraday, jaula de Faraday también se llama.*

No desarrolla todo el experimento, sino algunas de sus condiciones, y lo vincula con un modo particular de demostración.

A continuación plantea un modo de demostrar muy propio de la matemática y que la física recupera, que es el razonamiento por el absurdo.

C5C 6 *P: Bueno, ¿cómo se demuestra esto? La manera más sencilla de demostrarlo es mediante un razonamiento por el absurdo. Este es un tipo*

*de razonamiento que les gusta a los matemáticos, la idea del razonamiento es, si usted quiere demostrar que algo es cierto, primero supongo que no es cierto y veo a qué me conduce, si me conduce a un absurdo entonces era falso que no fuera cierto, es decir, la hipótesis era falsa. Entonces si yo quiero demostrar una cierta cosa, tomo como hipótesis la opuesta de esa cosa, entonces si veo que me lleva a una situación absurda, entonces la hipótesis que tomé era falsa y la que vale entonces es la que yo quería demostrar. Entonces si yo quiero demostrar que el campo eléctrico es cero, parto del absurdo, parto...*

b. A lo largo de la clase, el profesor legitima el conocimiento a partir de su autoridad como docente. Para ello va apelando a la autoridad que supone su dominio del tema y de las dificultades que supone su abordaje. Como puede verse en el ejemplo que sigue, el docente pone de manifiesto su saber señalando las posibilidades y límites del abordaje:

C5C  
1 *P: Esto en todo caso, lo voy a dejar para después, sería fácil de demostrarlo si una placa envolviera a la otra que es lo esencial de un conductor, pero de hecho esto no es cierto en la realidad, en la realidad son dos chapitas que están enfrentadas y... tampoco son infinitas así que esto en realidad va a ser aproximadamente cierto, pero déjenme dejarlo para cuando terminemos de hacer el resultado de la conexión en serie.*

Les pide que esperen a un momento posterior que, según su conocimiento del tema, considera más adecuado. Les plantea cómo, desde su perspectiva, la comprensión de ciertos saberes, supone la existencia de ciertos conceptos previos y es desde el reconocimiento de su autoridad como docente, que es posible aceptar esta espera.

En el fragmento que sigue, podemos reconocer el manejo que el docente tiene del contenido y de la necesidad de explicitar el por qué de ciertas decisiones.

C5C4 *P: Bueno, podría haber puesto la constante abajo, lo que pasa que yo tengo una sola condición de empalme, tengo que poner la continuidad de  $r$  chica igual a  $R$  grande y para eso me basta con una constante, puedo ponerla abajo o puedo ponerla arriba, lo que pasa que hay una convención, que es la convención de dónde se elige el cero del*

*potencial, no sé si esto ya lo han hablado en la clase práctica...*

El dominio del contenido por parte del docente le permite presentarlo de diferentes formas y saber las limitaciones de ciertas presentaciones. Este dominio, no sólo disciplinar sino también didáctico y curricular (además del que es propio del lugar que ocupa como “profesor universitario” en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires), le confiere autoridad para validar aquello que afirma a lo largo de la clase.

c. Otra manera de legitimar el conocimiento por parte del docente, es la recuperación constante de la experiencia compartida. Repetidamente apela a los saberes previos construidos y a lo trabajado en clases anteriores. Va *andamiando* la comprensión utilizando el verbo recordar (acordarse) para ayudar a recuperar esos saberes y hacer puente con *lo nuevo*:

C5C 3 *P: Así que voy a volver un poco para atrás. Ustedes se acuerdan que habíamos calculado el campo eléctrico de una esfera uniformemente cargada y lo habíamos calculado en todo el espacio, recuerden que el campo eléctrico es una función en todo el espacio, es una función vectorial, entonces cuando se les pregunta: calcule el campo eléctrico, ustedes tienen que pensar que tienen que ocuparse de todos los puntos del espacio, entonces, los puntos que están por fuera de la esfera*

*(...)*

*Se acuerdan que habíamos obtenido que el módulo del campo eléctrico como función de  $r$ , crecía linealmente mientras estábamos dentro de la esfera, es decir hasta una distancia igual al radio de la esfera crecía linealmente, en particular era cero dentro de la esfera y luego fuera de la esfera se comportaba como el campo de una carga puntual, es decir caía como  $1/r^2$ .*

*(...)*

*Perdón porque acá hay otro tema que queremos considerar, ustedes recuerdan que el potencial estaba siempre definido a menos de una constante, es decir, si yo le sumo la constante, la derivada de la constante se esfuma, la derivada de una constante es cero, así que si yo aumento a  $b$  por una constante, el campo eléctrico no se altera, da lo mismo, a los efectos de calcular el campo eléctrico da lo mismo*

*poner o no poner la constante, sin embargo, a los efectos de tener un potencial continuo como lo es también el campo eléctrico, yo necesito la constante para empalmar con el potencial que está acá abajo.*

La posibilidad de apelar a estos saberes compartidos, desarrollados en clases previas, permite sustentar los nuevos conceptos en ciertas bases, no son ajenos a los conocimientos que ya tienen los alumnos y que ya se han legitimado anteriormente.

#### 4.6.2.2.3. *Hablar ciencia*

¿Cómo se *habla ciencia* en esta clase? Hemos podido reconocer como recurso principal la explicación narrativa. Tal y como lo plantea el propio docente en la entrevista realizada<sup>22</sup>:

*“...para enseñarle algo a cualquier persona, hay que contarle un cuento, ¿no? Y eso me quedó grabado, porque él no decía cuento en forma peyorativa, ¿no? Si no que, realmente el aprendizaje implica una especie de narración, el problema que nosotros, que yo creo que tenemos, en algunas materias como Física, Matemática, que el docente, en vez de narrar, directamente escribe ecuaciones en el pizarrón, eso es lo que no sirve, yo diría o una de las cosas que no sirve. Antes de escribir cualquier ecuación, yo creo que hay que contar el cuento, hay que empezar a narrar... **Esta idea de narrar me parece que es lo central de lo que yo hago, qué es lo que vamos a hacer y por qué lo vamos a hacer. De dónde venimos y a dónde queremos llegar.** Y después escribir entonces, la parte matemática dentro de esa narración. Incluso ligado con la historia... Trato, cuando puedo, cuando mis conocimientos sobre historia de la ciencia me lo permiten, trato de buscarla, mostrar que los conceptos no aparecen de la nada sino que llevan algún tiempo para construirlos.”*

Las explicaciones se plantean en el marco de la narración que en esta clase tienen una serie de características recurrentes: el docente recupera constantemente los saberes previamente trabajados en las clases, ejemplifica lo

---

<sup>22</sup>Ver Capítulo 3, específicamente Anexo B.

que va explicando, hace un uso constante del pizarrón, señala el “para qué” de ciertos temas, los invita a pensar “qué pasaría si...”.

A lo largo de esta clase el docente utiliza algunos términos que le dan intencionalidad a ciertos procesos físicos, los convierte en personajes de la historia, con una vida y muerte, le da un peso particular a los procesos y conceptos que desarrolla:

C5C 3 *P: Ahora, a menos que las dos capacidades sean iguales, la disposición no va a tener por qué ser simétrica, no va a tener por qué ser  $q_1$  igual a  $q_2$ , según sea la capacidad  $c_1$  y  $c_2$ , la carga va a preferir estar en  $c_1$  o en  $c_2$ , no sabemos en donde...*

*(...)*

*es decir nuevamente tiene que haber tanta carga positiva como negativa del otro lado, porque cada línea que nace en una carga positiva va a morir en una carga negativa así que va a atraer la carga negativa que necesita para morir ahí, a menos efectos de borde, a menos de que se escape alguna línea hacia fuera.*

Lo mismo sucede en el ejemplo que sigue, en el que se humaniza de alguna manera al campo eléctrico, permitiendo que los alumnos comprendan con más facilidad lo que supone el fenómeno:

C5C3 *P: El campo eléctrico no se entera de la constante, y el objeto fundamental del campo eléctrico, y el campo eléctrico es el que hace la fuerza sobre otra carga, pero si yo quiero razonar en términos de potencial y quiero pensar al potencial también como una función continua, cuando tengo el potencial descompuesto en varias regiones, las constantes las tengo que usar, las tengo que usar para empalmar entre distintas regiones.*

Algunas expresiones, como la que se plantea en el ejemplo que sigue, acentúan ciertas causalidades propias de los fenómenos físicos, los hace parte de una trama:

C5C 3 *P: Entonces si esto que está acá es la carga del capacitor equivalente, es la carga de la caja negra y esto que está acá es la diferencia de potencial de la caja negra, entonces lo que está acá no tiene más remedio que ser*

*la capacidad equivalente porque es la relación entre la carga de la caja sobre la diferencia de potencial de la caja*

En el fragmento que sigue vemos una combinación de la intencionalidad que le atribuye a ciertos fenómenos y el uso de una analogía que facilita la comprensión:

C5C 4 P: *Puede ser que la ionice también, que la rompa también por el efecto del choque, de manera que en este viaje que intenta hacer la carga hasta allá, la carga positiva, la que quedó suelta, este, va a ir chocando otras moléculas y las va a ir ionizando también, con lo cual van a seguir viniendo cargas negativas para acá y yéndose cargas positivas para allá...*

La explicación narrativa posibilita, en esta clase, que se vayan presentando los contenidos de forma tal que se reconozcan personajes que participan de una trama particular.

## **4.7. Caso 6**

### **4.7.1. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación es la última de la materia *Física 3* de la Carrera de Ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración de 2 horas y 45 minutos, con un descanso de 15 minutos. Participaron 40 alumnos.

En términos del contenido, la clase tiene dos grandes momentos. En la primera parte, se trabaja sobre el *movimiento de cargas* y su aceleración a partir del *trabajo del campo eléctrico* en el *ciclotrón*. El docente va desarrollando distintas ecuaciones y demostraciones y sintetiza lo trabajado respecto del tema (qué ocurre cuando se ponen *cargas en un campo eléctrico y magnético*), en esta clase y la anterior.

En la segunda parte, y “fuera de programa”, el docente plantea sus “ganas” de hacer una introducción al tema de la *relatividad especial*. Y a ello dedica más de 90’. Presenta en primer lugar un ejemplo simple, de dos hilos infinitos, por

donde circulan corrientes eléctricas a los que aplican las mismas leyes (de electrostática y magnetostática), en dos sistemas de referencia distintos. A partir de este ejercicio, va sacando conclusiones que dan cuenta de ciertas dificultades para utilizar las *leyes de Maxwell*. Antes del descanso señala que luego del mismo, “vamos a cuestionarnos unas cuantas cosas que tenemos en nuestras cabezas”.

Luego del intervalo, anticipa lo que van a trabajar en el resto de la clase: qué tienen de “malo” las *transformaciones de Galileo*. Va desarrollando la argumentación haciendo uso de ejemplos, planteando experimentos, recuperando la historia y señalando las consecuencias de asumir ciertos supuestos.

A lo largo de toda la clase usa el pizarrón para realizar gráficos, escribir fórmulas y destacar conceptos.

#### **4.7.2. Análisis de la clase.**

##### **4.7.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.**

En esta clase, encontramos los siguientes recursos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas retóricas del profesor.
  - b. Preguntas de los alumnos y respuestas del profesor.
- Uso particular de los pronombres.

##### *4.7.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as*

a. En esta clase, se plantean una serie de preguntas retóricas para darle continuidad al discurso, a través de preguntas y respuestas que se van encadenando:

C6C 1 P: *¿Qué va a hacer entonces este haz de partículas en presencia de ese campo magnético? Va a hacer un movimiento circular uniforme.*  
(...)

*Pero, sin embargo, no tienen efecto sobre el movimiento de la carga. ¿Por qué razón no tienen efecto? Bueno, porque la fuerza eléctrica y la fuerza magnética se pueden cancelar entre sí en algunas circunstancias.*

El fragmento siguiente muestra cómo las preguntas retóricas traen la voz de alumnos y docente. Son preguntas que podrían hacer los alumnos y que también suponen, de parte del docente, un direccionamiento hacia aquello que es central para comprender uno de los temas importantes de la clase.

C6C 5 *P: Ahora lo que nos interesa explicar es la situación particular, qué es la interacción electromagnética que está gobernada por un conjunto, por unas ciertas leyes, que son las leyes de Maxwell y bueno. ¿Cumplen o no cumplen el principio de relatividad? Esto es, no hemos hablado del principio de relatividad, ¿por qué no hace falta hablarlo?, ¿porque es evidente que lo cumplen? ¿O no lo hemos hablado porque hay un problema con el principio de relatividad? Entonces tenemos que resolver esta cuestión.*

Son preguntas que el docente va respondiendo con el desarrollo posterior de la clase.

En el ejemplo que sigue, el docente trae, a través de estas preguntas, una explicación acerca del porqué se sostenían las ecuaciones de Maxwell:

C6C 5 *P: ...Bueno, para Maxwell, esa era la respuesta, sus propias leyes no se podían usar en cualquier sistema de referencia. ¿Cuál era la razón para sostener una cosa así? La razón es que las ecuaciones de Maxwell conducen a ecuaciones de ondas. Entonces, como la mecánica era la reina de la física y en la mecánica existen ondas... Todos estos problemas que están apareciendo acá, tendrían que ser también problemas de las ecuaciones de ondas mecánicas.*

b. Preguntas de los alumnos y respuestas del docente. En esta clase los alumnos intervienen en cuatro oportunidades. En tres casos es para responder a una pregunta del profesor.

En el primer ejemplo que se presenta, el docente retoma la respuesta del alumno y la enmarca dentro de un concepto que se trabaja en la clase: las transformaciones de Galileo.

C6C 1 P: *¿Cuál es la necesidad de esa nueva forma de ver el espacio y el tiempo? ¿De dónde surge esta necesidad? Yo no sé si ustedes en el curso de Física 1 vieron algo de relatividad espacial, si vieron las transformaciones de Lorenz, porque muchas veces se da. ¿Cuál era la necesidad en ese caso, de introducir una forma nueva de ver el tiempo y el espacio? ¿Se habló de la necesidad?*

C6C 2 A1: *El hecho de que... ver desde cualquier sistema de referencia...*

C6C 3 P: *Sí, es decir, las transformaciones de Galileo que son las que se han usado hasta aquí, llevan al teorema de las... de Galileo. Una de las consecuencias de las transformaciones de Galileo es que las velocidades, al pasar de un sistema de referencia a otro, se transforman también de determinada manera, con una dirección vectorial. De manera que al hacer un cambio en el sistema de referencia, cualquier velocidad cambia, de acuerdo con ese teorema de dirección de velocidades.*

El fragmento anterior y el que sigue son ejemplos de secuencias IRE, en las que el docente hace una pregunta y luego evalúa la respuesta del alumno “aprobándola” y completándola para seguir con el desarrollo del tema.

En el siguiente fragmento, un alumno plantea una respuesta que en realidad es pregunta. El docente la retoma, valora, pero plantea la necesidad de buscar otras respuestas.

C6C 3 P: *Entonces, lo que explicaron en Física 1 es que la velocidad de la luz no cambia. Si la velocidad de la luz no cambia, entonces... están mal las transformaciones de Galileo. Ahora, que no cambia, ¿es un hecho cómo?*  
A2: *¿Experimental?*

C6C 4 P: *Experimental, bueno, es cierto, es un hecho experimental que no cambia, después vamos a reflexionar sobre cómo se llegó a esa*  
C6C 5 *conclusión. Pero yo quisiera ahora, ir más atrás en la historia.*

En la tercera intervención de los alumnos, el docente retoma la respuesta, señalando que hay otras respuestas posibles que permiten resolver la situación planteada. Es otra secuencia IRE, en la que la evaluación del profesor se articula con una ampliación a la respuesta del alumno, que posibilita anticipar los contenidos que se plantearán a continuación.

C6C 6 P: *¿Hay cosas adicionales que se les ocurren para pasar de un sistema a otro?*

C6C A3: *Las transformaciones de Galileo.*

7 P: *Bueno, las transformaciones de Galileo, pero en realidad hay algo más*  
C6C *básico, hay algo que está contenido en las transformaciones de Galileo*  
8 *de manera invisible, por así decirlo, que lo creemos tan natural, tan libre*  
*de objeciones, que ni siquiera nos damos cuenta que las tenemos, así*  
*que en cuanto lo descubramos en estos dos dibujos, después lo vamos a*  
*descubrir en las transformaciones de Galileo. Entonces ahí sí va a tener*  
*sentido decir que las transformaciones de Galileo están reemplazadas*  
*por las de Lorenz.*

En la cuarta ocasión, un alumno plantea a modo de pregunta, una corrección a lo que escribió el profesor:

C6C9 A3: *Una pregunta: no quedó que el tiempo de*

C6C1 *ida es  $\otimes$ ?*

0 P: *Sí, tenés razón.*

El docente, asume el error y lo corrige.

#### 4.7.2.1.2. *Uso particular de los pronombres.*

En esta clase el docente hace un uso constante de la primera persona del plural y hace partícipes a los alumnos del proceso de construcción del conocimiento. En el ejemplo siguiente, vemos cómo los incluye en el proceso a partir de lo realizado en las clases previas (“resolvimos”) y en lo que resta por hacer:

C6C 1 P: *Entonces ésta sería la ecuación homogénea. Pero ésta es la ecuación*  
*que resolvimos la clase pasada, es la ecuación del movimiento de una*  
*partícula de masa  $m$ ... por un cuerpo homogéneo. Si yo saco esto, la*  
*ecuación homogénea ya la sabemos resolver. Así que nos faltaría*  
*encontrar una solución particular. Entonces, eh... Vamos a ponerle que*  
 *$v_B$ , el movimiento del campo magnético, es la solución homogénea. Y yo*  
*voy a dar la solución particular directamente y lo que vamos a hacer es*  
*reemplazarla para verificar que era así.*

En el fragmento que sigue observamos también el “nosotros”. En este caso, en la primera parte, el docente lo hace como una *invitación* a compartir su mirada, los compromete desde la posibilidad de reconocer, cómo él lo hace, que nos manejamos con una serie de supuestos que hay que poner en discusión. En la segunda parte, nuevamente, hay una propuesta de encarar esa problemática, el docente los hace partícipes de la tarea a encarar:

C6C 8 *P: Entonces, como yo digo, si nosotros nos damos cuenta de que estamos usando, estamos haciendo intervenir acá, supuestos sobre las nociones de espacio y de tiempo, cosas que nos parecen naturales y tan naturales nos parecen, que las usamos sin darnos cuenta, caemos de cajón en las transformaciones de Galileo. Y las transformaciones de Galileo parecen no contener ninguna hipótesis acerca del espacio y el tiempo. Por el contrario, las transformaciones de Lorenz sí parecen contenerlas, porque contienen la invariancia de la velocidad de la luz y entonces parecen defectuosas, entre comillas, en ese sentido, porque las de Galileo son perfectas, porque no contienen ninguna hipótesis. Tenemos que descubrir cuál es la hipótesis. Entonces tenemos que ser cuidadosos. Tan cuidadosos tenemos que ser, que para hablar de  $x$ , para poder reemplazar  $x$ , tenemos que decir que  $x$  es la distancia de  $O$  a  $P$ , medida en el sistema  $S$ .*

Aparece también en la clase, aunque en menor medida, el uso de la segunda persona del plural. En el primer ejemplo que incluimos, se utiliza para reconocer que los alumnos poseen un saber a partir del cual se puede avanzar en la construcción compartida y, por tanto, aparece luego el “nosotros”:

C6C 5 *P: Entonces, ustedes han tenido una buena ejercitación de ese uso de distintos sistemas con dos sistemas distintos. Al final de la clase pasada dijimos, noten que en esta materia nunca hicimos ninguna ejercitación de ese tipo, nunca hicimos un problema de sistemas inerciales y después desde otro sistema inercial. Uno podría decir que no lo hicimos simplemente porque con el ejercicio que hicimos en física 1 alcanza y sobra, para qué vamos a hacer más.*

Otro uso de la segunda persona del plural es para invitar a los alumnos a pensar en algún aspecto de los contenidos que se están desarrollando:

C6C5 P: *Piensen ustedes que una característica fundamental de la ecuación de ondas, es que lleva implícita la velocidad de propagación de la onda.*

La utilización particular que hace el docente de la primera y segunda persona del plural, genera un lenguaje inclusivo, que hace a los alumnos partícipes del proceso de la clase.

#### **4.7.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

El docente hace uso de una serie de recursos para presentar la ciencia.

Estos son:

- Explicitación de supuestos y convenciones.
- Legitimación del conocimiento.
  - a. Científicos relevantes.
  - b. Presentación de experimentos.
- Hablar ciencia.
  - a. Explicación narrativa.
  - b. Historia de la ciencia.

##### *4.7.2.2.1. Explicitación de supuestos y convenciones.*

En esta clase, el docente explicita dos tipos de supuestos que se entrelazan y que podemos llamar epistemológicos y cognitivos. Los primeros se refieren a conceptos que muchas veces quedan implícitos y que no se trabajan específicamente en las clases, obstaculizando una verdadera comprensión de ciertos fenómenos y teorías. Los supuestos que hemos denominado cognitivos, son aquellos que el docente explicita en relación a esas concepciones ingenuas, alternativas o erróneas, a esas teorías implícitas con las que abordamos el mundo (Cubero Pérez, 2005; Perkins, 1995; Pozo, 1997).

Los dos ejemplos que siguen se refieren al primer tipo de supuestos, y dan cuenta de los aspectos epistemológicos a los que nos referimos previamente. En el primero de ellos, se explicitan los conceptos de espacio y tiempo que subyacen al *teorema de adiciones de las velocidades de Galileo* y se plantea la importancia de reconstruirlos en las *transformaciones de Galileo*:

C6C P: *Pero el teorema de adiciones de las velocidades de Galileo viene de*

8 *las transformaciones de Galileo y ahí no hay ningún supuesto en apariencia. Y entonces, dice ahí también hay supuestos. Hay supuestos sobre la naturaleza del espacio y el tiempo. Y esos supuestos están acá y los vamos ahora a reconstruir en las de Galileo.*

En el segundo ejemplo, el docente señala la necesidad usar la mecánica relativista. Asumir este cambio de perspectiva va a suponer considerar las implicancias que ésta tiene:

C6C *P: En realidad esta historia de que la  $\omega$  no cambia, es una aproximación*  
1 *clásica, porque en relatividad cuando una partícula adquiere una velocidad importante, -importante significa comparable con la velocidad de la luz-, hay que usar la mecánica relativista y lo que nosotros hemos usado hasta acá es la mecánica no relativista. Así que realmente hay una carga de rotación relativista que los que diseñan ciclotrones para velocidades muy altas, comparables con la velocidad de la luz, la van a tener que tomar en cuenta y va a obligar a ir adaptando la frecuencia de esta fuente, a medida que  $\omega$  se va corrigiendo con ese factor relativista. En ese caso, en vez de hablar de ciclotrón, se habla de sincrotrón.*

El segundo tipo de supuestos que llamamos cognitivos, son los que este docente explicita denominándolos “nociones intuitivas”. Plantea una clara definición de lo que implican y las dificultades para reconocerlas y modificarlas.

C6C *P: Entonces uno tiene que animarse a dar un paso en contra de lo que*  
8 *ha pensado toda la vida para resolver una situación. Y eso es lo que hace Einstein, el paso que él da es abandonar las nociones clásicas de espacio y tiempo. Las nociones clásicas son nociones intuitivas que todos nosotros usamos en la vida cotidiana, que funcionan en la vida cotidiana. El problema es que si nosotros tenemos una noción que la verificamos todos los días en nuestra vida cotidiana, no vamos a ver ninguna razón para abandonarla. Es difícil el paso que hay que dar. Es difícil aceptar eso. Y ése es el paso que hay que dar.*

Como señalábamos previamente, estos supuestos se entrelazan: los conceptos que sustentan ciertas perspectivas teóricas se apoyan en el conocimiento ingenuo, y por eso son difíciles de reconocer y modificar. En el ejemplo que sigue, el docente explicita dos conceptos subyacentes en las transformaciones de Galileo: los conceptos de tiempo y espacio. Y no sólo

explicita su existencia, sino algunas de las implicancias que su falta de reconocimiento tienen.

C6C P: *Es decir, lo que hemos hecho al pasar de acá a acá, parece  
5 completamente trivial, pero en realidad tiene metidos preconceptos  
acerca del espacio y el tiempo. No sólo acerca del espacio y el tiempo,  
pero hay un preconcepto que se pone en juego al pasar de acá a acá.  
Eso preconceptos también están en las transformaciones de Galileo. Ahí  
viene lo que hablábamos antes de si enseñan las de Lorenz, y no dicen  
qué tienen de malo las de Galileo... Porque las de Galileo surgen en  
realidad de nuestras nociones intuitivas de espacio y de tiempo. Las de  
Lorenz no. Entonces, cuáles son los preconceptos que tenemos nosotros  
acerca de la diferencia del espacio y el tiempo, que han penetrado, sin  
que lo hayamos notado siquiera, para pasar de este punto a este punto.  
Hay cosas que nos resultan tan naturales que ni siquiera sabemos  
porque las estamos usando.*

Como se observa en el fragmento anterior, las nociones intuitivas o “preconceptos” de espacio y tiempo que tenemos, son los que dan lugar a las concepciones de espacio y tiempo que subyacen a las transformaciones de Galileo. La explicitación de estos supuestos facilita la comprensión de los contenidos que el docente desarrolla y, al mismo tiempo, da cuenta de los procesos de construcción de conocimiento que requiere, muchas veces, desprenderse de ciertas concepciones del mundo y sus *componentes*.

#### 4.7.2.2.2. Legitimación del conocimiento

a. Uno de los recursos que utiliza el docente para legitimar el conocimiento que enseña, es la doble alusión a científicos relevantes y a su autoridad docente desde la que contrapone, diferencia y valida las construcciones de estos científicos. En la mayor parte de los casos presenta y discute los desarrollos de estos investigadores. Son objeto de la clase y puestos en consideración de los alumnos.

A lo largo de la misma, se van planteando la *fuerza* y las *transformaciones de Lorenz*, las *velocidades* y las *transformaciones de Galileo*, las *leyes de Maxwell*. Se presentan, se cuestionan, se relacionan. Los fragmentos que siguen ilustran este aspecto. En el primero de ellos, el docente pone en evidencia que

suele proponerse el abandono de las transformaciones de Galileo por las de Lorenz sin explicar las razones para hacerlo:

C6C P: *En realidad, las transformaciones de Galileo parecen ser tan limpias, que parece imposible encontrarle algún defecto. Parece ser una cuestión meramente matemática. Y si es meramente matemática ¿por qué las vamos a abandonar? Entonces, realmente si alguien nos dice que tenemos que cambiar las transformaciones de Galileo por las de Lorenz, nos tienen que explicar además por qué están mal las de Galileo. Si no nos explican eso, vamos a estar siempre navegando en dos mundos separados y nunca entendiendo cómo se conectan esos mundos.*

Desde su lugar como docente investigador, afirma la necesidad de explicitar los motivos por los cuales deben cambiarse unas transformaciones por otras.

En el ejemplo que sigue, se ponen en cuestión las leyes de Maxwell:

C6C P: *Ahora lo que nos interesa explicar es la situación particular, que es la interacción electromagnética, que está gobernada por un conjunto, por unas ciertas leyes, que son las leyes de Maxwell y bueno. ¿Cumplen o no cumplen el principio de relatividad? Esto es, no hemos hablado del principio de relatividad, ¿porque no hace falta hablarlo?, ¿porque es evidente que lo cumple? ¿O no lo hemos hablado porque hay un problema con el principio de relatividad? Entonces tenemos que resolver esta cuestión.*

Con una serie de preguntas va mostrando la necesidad de cuestionar la aceptación acrítica de ciertos principios. Y afirma nuevamente, la necesidad de responder estas preguntas para lograr una verdadera comprensión de los fenómenos.

En el fragmento que sigue se plantea un principio físico que luego tendrá “nombre propio”. Señala que se le ha dado el nombre de Einstein, pero destaca que el concepto es anterior a su teoría. Su dominio del tema posibilita que, de alguna manera, cuestione la “autoría” de Einstein en relación a este principio:

C6C P: *Este principio de relatividad... Después se le va dar el nombre de la teoría de Einstein, que es un concepto que es muy anterior a la teoría de*

*Einstein. El principio de relatividad significa, que en todos los sistemas inerciales son igualmente buenos para explicar las leyes fundamentales de la física.*

En otras ocasiones, se presenta la posición de los científicos como Maxwell o Einstein, sus procesos de construcción, sus preguntas. En el fragmento siguiente, se plantea la concepción de Maxwell respecto de las leyes que había desarrollado y las consecuencias que esto tiene:

C6C 5 *P: Bueno, para Maxwell, esa era la respuesta, sus propias leyes no se podían usar en cualquier sistema de referencia. ¿Cuál era la razón para sostener una cosa así? La razón es que las ecuaciones de Maxwell conducen a ecuaciones de ondas. Entonces, como la mecánica era la reina de la física y en la mecánica existen ondas... Todos estos problemas que están apareciendo acá, tendrían que ser también problemas de las ecuaciones de ondas mecánicas. Entonces, la posición de Maxwell era una posición muy sencilla.*

La experticia de este docente le da autoridad en un doble sentido: conoce en profundidad el contenido que aborda en la clase, y es investigador, puede cuestionarlo, avalarlo, ampliarlo.

b. La *presentación de experimentos* es otro de los recursos que utiliza el docente, para legitimar el conocimiento. En esta clase la presentación cumple dos funciones: por un lado, es una forma de mostrar uno de los modos de trabajar de la física y por otro, de demostrar una *idea*. En ambos casos, es una de las maneras de legitimación del conocimiento propio de las ciencias físicas. Experimentos que ponen a prueba la capacidad de predecir y, al mismo tiempo, posibilitan seguir desarrollando el conocimiento científico.

El fragmento que sigue permite observar la primera función señalada: un determinado modo de encarar la tarea de investigar que permite reconocer el valor de los experimentos, diseñar los dispositivos para realizarlos, y las posibilidades que determinados dispositivos tienen para seguir experimentando e investigando.

C6C 1 *P: Finalmente, bueno, el espacio para hacer todo esto se me acaba, pero después de un par de vueltas obtuve un interesante incremento de*

*velocidad, que puedo usar entonces, por ejemplo acá, para que la partícula salga, usarla como un proyectil de alta energía para otros experimentos.*

*(...)*

*Entonces cómo se aprovecha esto para diseñar un dispositivo que permita identificar partículas a una cierta velocidad. Supongamos que yo quiero identificar partículas de una cierta velocidad, no sé,  $x$ , la que sea, me hago un dispositivo con  $E$  y  $B$  cruzado, tal que esa velocidad que quiero identificar, coincida con la velocidad de deriva, es decir coincida con la velocidad que habita la fuerza de Lorenz.*

*(...)*

*Y quedarán también dentro de la caja. Entonces, afuera de la caja, tenemos un haz de partículas de una velocidad conocida. Esto también nos puede servir para armar un dispositivo experimental cuando quiero saber la velocidad de las partículas... Yo puedo producir partículas pero no saber con qué velocidad las produzco. Pero de esa manera selecciono, dentro del haz que produce, aquellas que van a determinada velocidad y eso me va a servir para preparar un experimento, cualquier experimento donde quiera saber la velocidad de la partícula.*

La segunda función se presenta en los distintos ejemplos que se incluyen a continuación. En el fragmento que sigue, el docente plantea, en tiempo presente, la realización de un experimento. No lo detalla, pero plantea el sentido de su realización y lo que permitiría comprobar. Luego cuenta los resultados obtenidos con su realización.

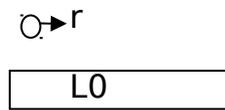
C6C  
5 *P: Entonces hagamos el siguiente experimento. Hagamos una medición muy refinada de la velocidad de la luz en nuestro laboratorio y si me da diferente de esto, la diferencia es mi estado de movimiento respecto del éter. Entonces, aunque yo no pude palpar el éter, ahora al menos sé si me estoy moviendo o no respecto del éter. Bueno, resulta que en estos experimentos que son estereométricos, muy refinados... nunca dieron ningún resultado. Nunca se pudo detectar tampoco el estado de movimiento respecto del éter, todo sucedía en el laboratorio como si el laboratorio estuviese...*

En el siguiente ejemplo, el docente presenta un experimento que permite avanzar en la demostración de aquello que es el centro de su clase: ver cuáles son los supuestos subyacentes a las transformaciones de Galileo que permiten

pasar a las transformaciones de Lorenz. Para ello apoya la explicación verbal con el uso del pizarrón, tal como se muestra a continuación.

C6C 8 P: Ponemos una barra en reposo, en reposo significa, ponemos el sistema de referencia en la barra. Y ponemos una cierta bolita que se desplaza con una cierta velocidad  $v$  a lo largo de la barra.

VEAMOS EL SIGUIENTE "EXPERIMENTO" EN EL SISTEMA FIJO A LA BARRA



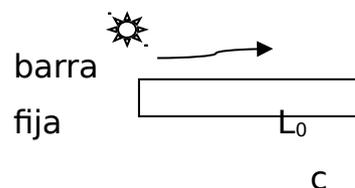
$$t = L / v$$

Barra en reposo

¿Cuánto tiempo va a tardar la bolita en recorrer la barra? Bueno, alcanza a la velocidad  $v$ , el tiempo empleado va a ser la longitud de la barra, medido en la velocidad  $v$ . Ahora, la longitud de la barra en qué sistema. Porque yo estoy justamente especulando con la idea de que las longitudes no sean invariantes. Bueno, en el sistema donde estoy observando esto. Si en este laboratorio, la bolita se mueve con velocidad  $v$ , y este tiempo  $t$  es el tiempo que transcurre en este laboratorio, acá tendré que usar la longitud de la barra en este laboratorio. Las medidas las tengo que tomar en este laboratorio.

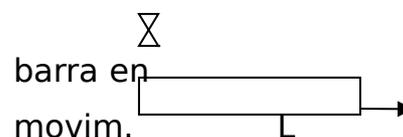
En este último ejemplo, el docente escribe en el pizarrón OTRO EXPERIMENTO y describe en qué consiste. No explicita si ya ha sido realizado y por quiénes, sino lo que habría que formular, para poner a prueba la invarianza de la velocidad de la luz. Hace también uso del pizarrón a medida que va explicándolo:

C6C 8 P: Un sistema donde voy a tener una barra fija y otro sistema donde una barra se está moviendo. Vamos a poner una fuente de luz, una lamparita. Pega en el espejo. Y vuelve. ¿Con qué velocidad va la luz de ida y de vuelta? Lo que llega a recorrer, más



Espejo

$$= c \Delta \tau \quad 1$$



vt ida

$$2L_0$$

lo que se desplaza la barra,  $d_{o'p} = x - vt$   
hay que descontar lo que la  
barra se mueve. S

Los experimentos sustentan el modo de construcción del conocimiento físico, legitiman su desarrollo, mostrando cómo se comprueban ciertas hipótesis y también cómo, a partir de ellos, se abren nuevos interrogantes.

#### **4.7.2.2.3. Hablar ciencia**

En esta clase el docente habla ciencia utilizando dos recursos: la explicación narrativa y la historia de la ciencia.

a. Según la investigación de Jon Ogborn y col. (1998), una forma de acceder al conocimiento científico, es a través de la presentación narrativa de la explicación. El docente que utiliza este modo de explicar es denominado, por este grupo de investigadores, el *narrador de cuentos*. El profesor de esta clase podría incluirse en esta categoría en razón de lo expuesto anteriormente.

En el primer ejemplo que se presenta, encontramos un desarrollo por parte del docente que incluye, en primer lugar, la presentación de una problemática, una primera prueba, un ejemplo y una presentación de los pasos a desarrollar en la clase, en relación a dicha problemática:

C6C 5 *Ahora lo que nos interesa explicar es la situación particular, que es la interacción electromagnética, que está gobernada por un conjunto, por unas ciertas leyes, que son las leyes de Maxwell y bueno. ¿Cumplen o no cumplen el principio de relatividad? Esto es, no hemos hablado del principio de relatividad, ¿porque no hace falta hablarlo?, ¿porque es evidente que lo cumple? ¿O no lo hemos hablado porque hay un problema con el principio de relatividad? Entonces tenemos que resolver esta cuestión.*

En el fragmento previo se observa cómo el docente plantea una situación que supone un problema a resolver y lo hace a partir de una serie de preguntas. A continuación, como vemos en el fragmento que sigue, el docente plantea cuál podría ser un primer abordaje para responder la cuestión y señala las respuestas que podrían dar por resuelto el problema:

C6C 5 *Y entonces volvamos a la fuente de Física 1... el uso de las leyes, en este caso de electromagnetismo en distintos sistemas de referencia, a ver si trae alguna contradicción o no aplicar las mismas leyes de electromagnetismo en sistemas de referencia distintos. Si no trae ninguna contradicción nos sentiremos confortados, diremos, bueno, acá está, es evidente que se podían aplicar las mismas leyes en sistemas de referencia distintos. Y responderemos a la pregunta.*

En el siguiente fragmento, que continua al anterior, el docente explicita el modo en que va a ejemplificar la cuestión:

C6C 5 *Entonces, para plantear este tipo de, para resolver este tipo de dudas, lo que hay que hacer siempre es pensar en el ejemplo más simple. Si lo entendemos a partir del ejemplo más simple, podemos ganar confianza para ir a ejemplos más complicados. Si ya el ejemplo más simple tiene un problema, tenemos que dar otro tipo de respuesta a esta situación. El ejemplo más simple que les voy a plantear es el ejemplo de dos hilos infinitos, por donde circulan corrientes eléctricas.*

Por último, en el fragmento que se incluye a continuación, y que sigue al presentado previamente, el docente desarrolla y fundamenta el ejemplo que planteó antes.

C6C 5 *Sabemos de la magnetostática, que si hay corrientes eléctricas hay interacción magnética. Luego voy a pasar a otro sistema de referencia y voy a tratar de ver qué pasa con las interacciones en otro sistema de referencia, aplicando las leyes de la electrostática y la magnetostática. Es decir, voy a hacer el ejercicio de aplicar las mismas leyes en dos sistemas de referencia distintos. Para una dada situación física. Entonces voy a pensar que en el cable inferior sólo hay cargas positivas. Yo puedo inventar una distribución de cargas. Las leyes de Maxwell admiten cualquier distribución de cargas que cumplan con... de continuidad. Voy a inventar que tengo una carga positiva moviéndose a la derecha... en el hilo de abajo, pero solamente hay cargas positivas. En el hilo de arriba, en cambio, voy a dibujar, vamos a poner cargas negativas, moviéndose con la misma velocidad  $v$ . Pero además voy a dibujar un conjunto de cargas positivas en reposo. Que las voy a disponer de igual...*

*e igualmente distribuidas, de modo que el conductor de arriba esté... Vamos a hacerlo más simple porque si no parece que el cambio de signo tuviera alguna, algún secreto. Le agregamos... son negativas. Tenemos cargas exactamente iguales moviéndose arriba y abajo, con exactamente la misma velocidad y exactamente la misma distribución. La misma distribución quiere decir la misma densidad de carga. Es decir, que están a igual distancia que las de abajo.*

En este segundo ejemplo de explicación narrativa, nuevamente, el docente plantea un problema, explica cómo se intentó resolverlo y qué experimentos se realizaron. Frente a la “incomodidad” que generan los resultados, invita a considerar otras perspectivas y para ello, la necesidad de reconocer los preconceptos que tenemos y que impiden imaginarlas. De manera breve presenta el problema:

C6C P: No puedo usar las leyes de Maxwell, en dos sistemas de referencia y  
5 obtener resultados consistentes. El resultado fue inconsistente.

A continuación, relata el primer abordaje que tuvo este problema y, nuevamente, los resultados *inconvenientes* que iban apareciendo:

C6C En un sistema hay interacción, en el otro sistema no hay interacción. La  
5 primera salida de la cuestión es que yo no tengo derecho a usar las leyes de Maxwell en cualquier sistema de referencia. Eso estaba en perfecto acuerdo con otras situaciones que se daban en la realidad. Y era la posición obvia a mantener, la de seguir tomando a la mecánica como la madre de la física y que el electromagnetismo era un fenómeno... el medio material del éter. Y, por lo tanto, con ciertas leyes en el medio material del éter. Sin que esto implique la violación del principio de relatividad porque lo que estaba privilegiando al sistema... es un medio físico, la existencia del éter. Bueno, esto también se fue volviendo insatisfactorio. A medida que fueron pasando los años en que este problema se empezó a sentir, digamos, podríamos hablar de medio siglo, poco a poco, a medida que los intentos de detectar el éter ya no en forma directa, o de ver consecuencias directas, siempre fracasaron, la situación se volvió de una gran incomodidad.

Detalla los experimentos realizados para sustentar la posición vigente y los resultados obtenidos que no permitían sostener dicha posición y sin embargo, no terminaban de romper con ella por no encontrar otra respuesta:

C6C5 *Por ejemplo, los que hicieron experimentos más refinados, que son Michaelson y..., pensaron que tal vez lo que estaba ocurriendo, que sí, que la Tierra se mueve en este... Pero si hubiera viscosidad en el éter, la Tierra se movería... De manera que en nuestro laboratorio, estaría en reposo no respecto de este universal, sino respecto de esta capa adherida y esa capa bajo las leyes de Maxwell. Entonces Michaelson dijo, hagamos un experimento... esa capa seguramente se va desprendiendo de la Tierra, si yo me voy más lejos de la superficie, la capa va a empezar a desprenderse y algo voy a ver ahí. También se hicieron experimentos a cierta altura. Nunca pasó nada. Bueno, entonces la situación era de gran incomodidad y lo que tenemos que hacer es buscar otra respuesta a esta situación.*

Frente a la situación planteada, el docente propone reconocer la necesidad de otra perspectiva para abordar el problema. Ésta tiene relación con la existencia de preconceptos que están implícitos hoy como estaban entonces:

C6C 5 *Entonces, ahora vamos a hacer el intervalo, pero para cuando volvamos del intervalo, piensen esto que es un resultado muy aceptado ¿no tendrá otra perspectiva...? Es decir, lo que hemos hecho al pasar de acá a acá, parece completamente trivial, pero en realidad tiene metidos preconceptos acerca del espacio y el tiempo. No sólo acerca del espacio y el tiempo, pero hay un preconcepto que se pone en juego al pasar de acá a acá. Eso preconceptos también están en las transformaciones de Galileo. Ahí viene lo que hablábamos antes de si enseñan la de Lorenz, y no dicen qué tienen de malo las de Galileo... Porque las de Galileo surgen en realidad de nuestras nociones intuitivas de espacio y de tiempo. Las de Lorenz no.*

En este último fragmento, el docente termina de plantear la problemática que luego desarrollará en lo que queda de la clase.

C6C 5 *Entonces, cuáles son los preconceptos que tenemos nosotros acerca de la diferencia del espacio y el tiempo, que han penetrado, sin que lo*

*hayamos notado siquiera, para pasar de este punto a este punto. Hay cosas que nos resultan tan naturales que ni siquiera sabemos porque las estamos usando. Y entonces, en eso fue que... Einstein para resolver este problema. Cuál es el..., qué otras cosas hemos usado, parece que no sólo hemos usado las leyes de electrostática y magnetostática. Eso lo usamos acá y lo usamos acá. Pero para pasar de... hemos usado otra cosa. Que la damos por cierta, que la damos por cierta. Y que no tiene porqué ser cierta.*

Como podemos ver, en ambas explicaciones, se sigue una estructura semejante:

- Presentación de un problema.
- Planteo de los abordajes realizados o posibles.
- Presentación de los resultados o conclusiones a las que se llegó.

b. Otro modo de hablar ciencia en esta clase es a través de la historia de la ciencia. Nos encontramos con un uso específico de la historia de las ciencias en la clase observada. Es el que podemos denominar “la historia como fuente de problemas”. El docente recupera la historia a través de episodios que se convierten en fuente de problemas. Estos problemas son los que la ciencia que se enseña en la clase, ha resuelto y se convierten en objeto de estudio/análisis. Ejemplos de este uso son los que se presentan a continuación:

C6C 5 *P: Bueno, entonces, esa era la respuesta mecanicista. La respuesta mecanicista digo, porque la respuesta consistía en concebir al fenómeno electromagnético como un fenómeno de ondas mecánicas. (...) Cuando Maxwell se dio cuenta, de que la luz era una onda electromagnética, el éter de la luz era el éter electromagnético. Hasta ahí estaban todos contentos. No había ningún problema extra, simplemente porque yo me tengo que parar en el sistema fijo al éter y sólo en ese sistema puedo usar las leyes. (...) Era un sistema en el que se podían obtener conclusiones equivocadas. Todo esto está bien siempre y cuando el éter se pueda detectar. El problema es que el éter no se pudo detectar nunca.*

El docente plantea cómo se explicaba un fenómeno desde la física mecanicista. La imposibilidad de detectar el éter va a requerir nuevas explicaciones y son las que dan lugar al desarrollo que realiza el docente en la clase. En el ejemplo que sigue, el docente relata algunas situaciones que se

fueron dando a lo largo de la historia y que muestran la necesidad de resolver los problemas que surgieron.

C6C P: Bueno, resulta que en estos experimentos que son esterométricos,  
5 muy refinados... nunca dieron ningún resultado. Nunca se pudo detectar tampoco el estado de movimiento respecto del éter, todo sucedía en el laboratorio como si el laboratorio estuviese... Esto era algo difícil de tragar, es difícil de tragar, depende de la perspectiva en que uno mira la historia de la ciencia. Si yo tuviera la perspectiva de que la Tierra estaba en el centro del universo, una perspectiva geocéntrica, que el éter estuviera en reposo respecto de la Tierra, es totalmente lógico. Que las leyes de Maxwell valgan en el laboratorio y que yo verifique que la luz se propague en esta velocidad en mi laboratorio, era lo esperado. Pero una vez que, la visión geocentrista es muy anterior al problema, estoy hablando de, hacía cientos de años que la visión geocentrista había sido abandonada. La Tierra no tiene ningún lugar privilegiado en el universo, por lo tanto, yo no puedo esperar que la Tierra esté en reposo respecto del éter, más bien que el éter... del universo y como la Tierra tiene un movimiento peculiar en el universo, no está en reposo, entonces yo tendría que ver una especie de vientos de éter, se llamaba eso, que me cambien la velocidad de la luz. (...) También se hicieron experimentos a cierta altura. Nunca pasó nada. Bueno, entonces la situación era de gran incomodidad y lo que tenemos que hacer es buscar otra respuesta a esta situación.

Estos ejemplos dan cuenta de un uso particular de la historia de la ciencia que es *convocada* a la clase. Su inclusión posibilita un acercamiento al conocimiento científico como construcción social, humana e histórica. Permite ir más allá de la presentación de hechos y teorías, mostrando los procesos de construcción, la formulación de preguntas, de hipótesis que se plantean y que se procuran responder y comprobar.

Tal como plantea Manuel Fernández González “ante la imagen de la ciencia como producto acabado e indiscutible, la HC [Historia de la ciencia] pone las cosas en orden mostrando que la ciencia cambia, que los conocimientos más arraigados pueden ser demolidos y que esto, con frecuencia, origina grandes polémicas entre los propios científicos”(2000, p. 71).

Sin embargo, es necesario destacar que la inclusión de la historia en estas clases, no se plantea con el objetivo de enseñar estos aspectos, aunque finalmente pueda hacerlo.

## **4.8. Caso 7**

### **4.8.1. Descripción de la clase.**

La clase que se analiza a continuación es la última de la materia *Física 4*, de la Carrera de Física de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración de 2 horas, 40 minutos. Participaron 30 alumnos.

La clase tuvo dos partes bien diferenciadas: en la primera, el docente hace un “racconto” de la clase anterior (problemas con la *mecánica cuántica* que no aparecen en la *mecánica clásica* con las partículas idénticas) y plantea que, en lo que resta de la clase, van a analizar los *comportamientos y propiedades de fermiones y bosones* que son totalmente diferentes. Se va desarrollando a través de ecuaciones, ejemplos, problemas.

En la segunda parte de la clase, se realiza una presentación de imágenes de algunos de los fenómenos y procesos trabajados en la materia. El docente realiza comentarios y se plantean preguntas tanto por parte del docente como de los alumnos.

A lo largo de toda la clase se usa el pizarrón para realizar gráficos, escribir fórmulas y destacar conceptos.

La clase termina con aplausos de los alumnos, una mención de la docente sobre lo agradable que resultó el grupo para trabajar y el consejo de que rindan pronto el examen final.

### **4.8.2. Análisis de la clase.**

#### **4.8.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.**

En esta clase se utilizan los siguientes recursos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas retóricas del profesor.
  - b. Preguntas de elicitación del profesor.
  - c. Preguntas reactivas del profesor.
  - d. Preguntas de los alumnos y respuestas del docente.
- Uso particular de los pronombres.
- Presentación de los científicos en el discurso.

#### 4.8.2.1.1. *Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as*

Las preguntas y respuestas del profesor y los alumnos forman parte importante de esta clase pero no adquieren el lugar preponderante, estructurador, que tienen en otras clases. La interacción parece ocupar un lugar diferente: los distintos tipos de preguntas de docente y alumnos se enmarcan en la explicación, no la configuran. Los distintos tipos de preguntas que el docente va incorporando, retóricas, de elicitación, reactivas, apoyan su discurso, sin que éste pierda su "hilación". En los casos en los que las preguntas devienen en diálogo genuino, una vez que éste finaliza, se retoma la explicación en el punto en que se estaba antes de iniciarlo.

a. Las *preguntas retóricas* que realiza este profesor cumplen esencialmente la función de darle continuidad al discurso y le confieren un carácter más dialógico. El docente va encadenando preguntas y respuestas a lo largo de la clase. Presentamos algunos ejemplos de estas preguntas y las respuestas que el propio docente se da:

C7D P: *En mecánica clásica, eso no me trae ningún tipo de problemas. ¿Por qué no me trae ningún tipo de problema? Por el hecho de que si yo tengo dos partículas idénticas interactuando o no y rotulo a una inicialmente como 1 y a la otra como 2, ¿sí? puedo seguir su evolución durante todo el movimiento, durante todo el proceso...*

En el ejemplo anterior y en el que sigue, el docente hace una afirmación a la que sigue la pregunta retórica. Pone en cuestionamiento sus afirmaciones y las justifica.

C7D P: *Y ahí está la gran diferencia con la mecánica clásica. ¿Por qué? Porque*

6      *teníamos que en mecánica clásica por ahí también podemos tener dos estados posibles, finales y entonces, la densidad de probabilidad va a ser la suma de las densidades de probabilidad de cada uno de esos dos estados.*

Lo mismo sucede en el fragmento que sigue: el docente afirma algo, pregunta por el *porqué* de aquello que afirma, y responde:

C7D5    *P: Y agrega la correlación entre las partículas, no solamente la*  
8      *correlación debido a esta integración de Coulon, sino debido a una correlación de spin, se la agrega con otros métodos, con métodos perturbativos. ¿Por qué con métodos perturbativos? Porque esa correlación siempre es una interacción de mucha menor magnitud que es la interacción con ese campo promedio, con ese campo promedio de todos los...*

Hay otras preguntas retóricas que el docente formula, que se plantean como anticipaciones de lo que van a trabajar en la clase.

C7D    *P: Pero también se puede demostrar. ¿Y cómo lo demostraríamos?*  
6      *Bueno, lo que vamos a hacer es ver cómo evolucionan las funciones de onda.*

En el ejemplo que sigue, nuevamente, la pregunta del docente da lugar a una explicación en la que se plantean nuevas preguntas del mismo tipo.

C7D1    *P: Por ejemplo, supónganse, fíjense, ¿qué es lo que vamos a hacer?*  
6      *Vamos a intercambiar las dos partículas para ver si la función de onda con las partículas intercambiadas es simétrica o antisimétrica. ¿Está bien? Resulta simétrica o antisimétrica. Sale un signo + o sale un signo -. ¿Cómo hacemos esto? Intercambiando cada componente de estas partículas compuestas de a uno.*

b.      Se plantean en esta clase, *preguntas de elicitación de respuesta corta*. Son preguntas que hacen que los alumnos sigan la explicación del docente sin perder el ritmo de la misma. Todas ellas forman parte de secuencias IRE.

En los fragmentos que siguen, podemos observar este modo de preguntar y cómo, en la mayoría de ellos, el docente reitera la respuesta del alumno y plantea una nueva pregunta o continúa su explicación:

C7D8 *P: Bueno, uno qué es ¿simétrico o antisimétrico? Frente a la permutación de las dos partículas.*

C7D9 *A2: Simétrico.*

C7D1 *P: Simétrico. Un uno no cambia nada. Yo multiplico por uno a la función 0 y no pasa nada. Diferencial t es una cantidad positiva y... es un número así que tampoco cambia nada.*

En el fragmento siguiente, nuevamente el docente pregunta, luego repite la pregunta y avanza con la explicación:

C7D2 *P: Entonces, intercambiamos primero éste con éste y después éste con éste. ¿Está bien? Entonces ¿qué tenemos? Cuando intercambiamos éste con éste ¿qué pasa? ¿Con la función de onda?*

*A4: Cambia el signo.*

C7D2 *P: Cambia el signo. Tengo un signo menos. ...*

3

C7D2

4

El siguiente es un ejemplo del mismo tipo de preguntas: el docente pregunta y luego repite la respuesta del alumno, avalándola.

C7D13 *P: Entonces, ¿qué es lo que hace que tiendan a atraerse o tiendan a repelerse?*

C7D13 *A7: El estado del spin.*

2 *P: El estado del spin, exactamente.*

C7D13

3

c. *Preguntas reactivas.* Este tipo de preguntas cumplen la misma función que las de elicitación: procurar que los alumnos “sigan” la explicación, que no se “pierdan” por el camino. La diferencia se encuentra en que, a partir de las preguntas reactivas se generan breves diálogos que el docente utiliza para avanzar en las explicaciones. En algunos casos, el docente retoma la respuesta

del alumno, vuelve a preguntar, avala la respuesta y la amplía dando las razones por las que la considera correcta:

C7D1 P: *¿Cómo será la función de onda de dos partículas compuestas, 6 idénticas entre sí, formada por el número que a ustedes se les ocurra de bosones?*

C7D1 A2: *Bosones, simétrica*

7 P: *Bosones. ¿Por qué van a ser bosones?*

C7D1 A2: *Porque son simétricas.*

8 P: *Claro. Porque cada vez que intercambio dos, no pasa nada, sigue*

C7D1 *siendo simétrico, saca un signo +.*

9

C7D2

0

En otros casos, frente a una respuesta incorrecta o incompleta, el docente repregunta:

C7D8 P: *Si yo escribo la función de onda como esta parte espacial por esta 4 parte de spin, ¿qué de todo esto tendrá que ser antisimétrico?*

A4: *La parte del spin.*

C7D8 P: *¿Por qué?*

5 A4: *Porque...*

C7D8 P: *¿Qué es lo que me da el estado del sistema? ¿Qué es lo que es 6 solución de este hamiltoniano? ¿Qué es lo que es la solución más*

C7D8 *general de este hamiltoniano?*

7 A3: *Todo eso.*

C7D8 P: *Todo, exacto, todo.*

8

C7D8

9

C7D9

0

Estos ejemplos muestran también el formato IRE, con una sucesión de preguntas y respuestas en las que, como en el turno C7D86 y C7D88, las nuevas

preguntas del docente actúan como evaluación positiva o negativa, de la respuesta del alumno.

d. *Preguntas de los alumnos y respuestas del docente.* Las preguntas de los alumnos buscan confirmar si están comprendiendo. Nos parece relevante la actitud del docente frente a ellas: se compromete con el proceso y colabora en la construcción de la explicación.

En el turno C7D27, un alumno plantea una afirmación que es, al mismo tiempo, una pregunta. El docente responde y obtiene del alumno una respuesta (turno C7D29) que parece cerrar la duda planteada. Sin embargo, el conocimiento sobre el contenido y su enseñanza que el docente posee, le llevan a ahondar la explicación, dando lugar a una nueva afirmación del alumno (turnos C7D32 y C7D34). La respuesta incorrecta del alumno requiere que el docente amplíe su explicación y siga preguntando (turno C7D35) hasta plantear una regla posible para los casos por los que el alumno pregunta:

C7D2 A4: *Una cosita. Acá tenemos que nuestro sistema son 4 partículas.*

7 P: *Son 4 partículas. En realidad, 4 partículas fundamentales, digamos,*  
C7D2 *de las cuales uno sabe su carrera...*

8 A4: *Perfecto.*

P: *Pero, estas partículas se comportan de a pares. ¿Está bien? Cada par*  
C7D2 *se comporta como una única partícula. ¿Está bien? Una partícula alfa,*  
9 *conserva su particularidad de partícula alfa, a menos que uno la*  
C7D3 *desintegre.*

0 A4: *Pero si hubiéramos tenido sólo dos fermiones, hubiera...*

P: *Si yo hubiera tenido esto, nada más. Y lo hubiera intercambiado...*

A4: *Hubiera sido un fermión.*

C7D3 P: *No, justamente, tendría... Ahí yo no tengo dudas, porque si yo tengo*  
2 *esta función de dos partículas que seguro son dos fermiones, cuando la*  
C7D3 *intercambio entre sí, me va a dar un signo -. Eso seguro. ¿Qué pasa si la*  
3 *partícula compuesta está formada por tres fermiones?*

C7D3 A4: *Antisimétrica.*

4 P: *Y, va a ser antisimétrica. Exactamente. ¿Por qué? Porque tendría un*  
C7D3 *intercambio más y me sacaría un signo - más. Así que la función de*  
5 *onda total resultaría antisimétrica. Entonces más o menos, regla: si yo*  
*tengo, si mi partícula compuesta está formada por, digamos, por un*  
*número par de fermiones ¿qué va a pasar?*

A5: Va a ser antisimétrica.

C7D3 P: Va ser un bosón. Si está formado por un número impar de fermiones,  
6 va a ser un fermión.

C7D3

7

C7D3

8

C7D3

9

En el fragmento siguiente, la pregunta de un alumno da cuenta del proceso de construcción que va llevando a cabo, y permite reconocer que hay aspectos que no han sido abordados. El docente explica el porqué de ese *hueco* (turno C7C72) y cómo podría *completarse* (turno C7C74). El alumno busca confirmar si realmente ha comprendido (turno C7C75).

C7C6 A5: ¿Por qué a partir del permanente te podes dar cuenta de que el...?

9 P: Y, porque el permanente, un permanente, podes tener todos los, o  
C7C7 sea, estas son las mismas funciones en todos los...

0 A5: Pero ¿por qué tiende...?

P: No, eso no lo demostré.

C7C7 A5: Ah.

1 P: Eso se puede demostrar bien si vos estudias estadística de los  
C7C7 bosones. ¿Está bien? Cosa que ustedes van a hacer en Estadística 3. Si  
2 uno estudia la estadística de los bosones. O sea, digamos, lo que sería  
C7C7 la teoría cinética pero aplicada a los bosones. ¿Está bien? Esta  
3 estadística muestra que todos tienden a, digamos, tienen mayor  
C7C7 probabilidad de estar en el mismo estado, más probabilidad aún que las  
4 partículas...

A5: Está bien, pero no sale a partir de ahí.

P: No, no sale a partir de ahí. Ahí en parte vos podes tener los fermiones en el mismo estado...

A5: Eso sí.

C7C7

5

C7C7

6

C7C7

7

El siguiente diálogo da cuenta de los intentos por comprender y de los intentos por favorecer esa comprensión. Surge a partir de uno de los alumnos, y la docente lo asume y dedica un tiempo prolongado para que éste comprenda, promoviendo la construcción de una explicación o autoexplicación. En la primera parte de este diálogo, el alumno plantea una serie de preguntas tratando de verificar si ha comprendido lo que el docente plantea. Pregunta (turnos C7D136, C7D138, C7D142, C7D146, C7D152), afirma (turnos C7D142, C7D150, C7D152), hasta llegar a una conclusión: "que no ha entendido nada" (turno C7D152). El docente responde (turnos C7D137, C7D139) y explica (turnos C7D141, C7D145, C7D147, C7D149). Finalmente, confirma la afirmación del alumno (C7D153).

C7D13 A4: *...fermiones...*

4 P: *¿Cómo?*

C7D13 A4: *¿Eso no es un fermión?*

5 P: *Sí.*

C7D13 A4: *¿Entonces tienden a...?*

6 P: *... Tienden a atraerse, pero no es más por Coulon.*

C7D13 A4: *No, no.*

7 P: *Pero ¿por qué tienden a atraerse? Porque no tienen ningún*

C7D13 *impedimento, porque sus estados de spin ya son distintos.*

8 A4: *Pero siguen siendo fermiones. ¿No era que los fermiones eran los que*

C7D13 *no podían estar en el mismo estado?*

9 P: *Sí.*

C7D14 A4: *Y los bosones...*

0 P: *Pero depende del estado del spin.*

C7D14 A4: *¿Cómo?*

1 P: *A diferir el estado del spin, ya no están en el mismo estado, aunque compartan la función de onda espacial...*

C7D14 A4: *Sí.*

2 P: *...el estado de spin ya es distinto. ¿Qué es lo que pasa en un átomo? Vos podes tener, por ejemplo, en la capa 1 de éste, podes tener dos electrones,*

C7D14 *¿por qué? Porque tenés un electrón con el spin para arriba y tenés un*

3            *electrón con el spin para abajo. Y eso ya hace que ya difieran en el estado.*  
C7D14    *¿Está bien? Y tiene el mismo estado espacial. ¿Está bien? Pero distinto*  
4            *estado de spin. Su estado total es distinto.*  
C7D14    *A4: ... tenemos que ver qué pasa en el espacio de spin.*  
5            *P: En el espacio de spin ya sabes lo que pasa. Si está en un estado*  
C7D14    *singlete. Si está en un estado...*  
6            *A4: ¿El estado singlete no era sólo para los fermiones? Me parece que no*  
C7D14    *entendí nada.*  
7            *P: Me parece que no.*

C7D14

8

C7D14

9

C7D15

0

C7D15

1

C7D15

2

C7D15

3

En la segunda parte de este diálogo, el alumno realiza afirmaciones con carácter interrogativo a las que el docente va respondiendo puntualmente, hasta que considera necesaria una respuesta más completa (turno C7D171), en la que explica el porqué de sus respuestas. Parecería que el alumno ha comprendido, sin embargo, sigue haciendo preguntas-afirmaciones que dan cuenta de que la comprensión todavía no es completa.

C7D15    *A4: Digamos, el estado singlete no es para fermiones?*

4 P: Sí, son fermiones.

C7D15 A4: Y los fermiones son los que no pueden estar en el mismo estado.

5 P: Sí

C7D15 A: [No se oye]

6 P: Sí, pero el mismo el estado total. El estado está definido no sólo por  
C7D15 la parte espacial sino por la parte de spin.

7 
$$\Psi = \varphi 0$$

C7D15 A4: Y por eso...

8 P: El estado total tiene que ser antisimétrico. Es lo que estuvimos  
C7D15 viendo recién.

9 A4: Pueden estar en el mismo espacio.  
P: Pueden estar en la misma parte, digamos, compartir la función de onda espacial y siguen en su estado de spin.

C7D16 A4: Claro, pero...

0 P: ... tiene que ser antisimétrico. La función de onda total que es el  
C7D16 producto de la espacial por la de spin. Entonces lo que veíamos recién  
1 es que esta parte puede ser simétrica. Entonces, ésta necesariamente  
C7D16 tiene que ser antisimétrica o viceversa. Pero es ésta la que tiene que  
2 ser antisimétrica. Su estado total.

C7D16 A4: Igual esto no está diciendo que se atraen.

3 P: Está diciendo que pueden compartir, que pueden compartir una  
misma zona del espacio. ¿Está bien? Y, digamos, y además la  
C7D16 probabilidad es grande. Así que es como si, en cierta manera, tendiera  
4 a... ¿Está bien?

C7D16 A4: ¿Y por qué?

5 P: Porque pueden compartir el mismo estado del espacio, el mismo estado, el mismo lugar espacial, dado que depende de su spin. No hay ningún impedimento.  
A4: Por eso, pueden ocupar el mismo estado del espacio, pero de ahí a  
C7D16 que se atraigan... otra cosa.

6 P: La probabilidad está, la probabilidad está... Fíjense, un segundito  
C7D16 antes de, antes de [no se escucha, hablan varios al mismo tiempo]

7 Fíjense, que ésta es una interacción de las partículas, una interacción que yo la escribo como un potencial de interacción espacial... Es simplemente una interacción debida al spin. ¿Está bien? Que es lo que  
C7D16 se llama interacción de intercambio. Es decir, las nubes electrónicas,  
8 mientras difieren en su estado de spin, pueden llegar a superponerse  
C7D16 entre sí. Por ejemplo, si yo tengo dos átomos y sus nubes electrónicas

9            *tienen distinto estado de spin, pueden llegar a superponerse  
espacialmente. Mientras que si tienen el mismo estado de spin van a  
C7D17    *tender a repelerse. No pueden ocupar la misma zona del espacio.  
0            *¿Está bien? Y eso es, por eso dije, como si se atrajesen, como si se  
repeliesen. ¿Por qué? Porque yo no puedo escribir un potencial de  
C7D17    *interacción que demuestre que se atraen o se repelen. Lo único que  
1            *puedo hacer es, en un plano por la densidad de probabilidades que  
estén juntas, en un caso es cero, en otro caso es grande. ¿De acuerdo?  
¿Sí?  
A4: *Es decir, no hay fuerzas, no hay ninguna fuerza.  
P: *No, es un efecto del estado de spin.  
A4: *Claro.  
P: *Es un efecto cuántico solamente producto del estado de spin.  
A4: ...*********

C7D17  
2  
C7D17  
3  
C7D17  
4  
C7D17  
5  
C7D17  
6

En el tercer fragmento de este diálogo, el docente reconoce cuál es la razón de las dificultades que tienen los alumnos para comprender, y es la aplicación de la concepción mecanicista a procesos explicados desde la física cuántica (turnos C7D181, C7D183, C7D188). A partir de este señalamiento del docente, el alumno trata de comprobar si está entendiendo lo que implica (turnos C7D189, C7D191, C7D193). Pero algunas de sus preguntas dan cuenta de que aún hay ideas a clarificar (turnos C7D195, C7D197, C7D199). Y el docente señala este estado de cierta confusión (turno C7D200).

C7D17 P: Lo que pasa, lo que pasa es que Uds. están acostumbrados a ver  
7 interacciones que uno representa espacialmente con un potencial o con una fuerza... Esto es una interacción ¿sí? entre las partículas, es un efecto de las partículas, debido a su estado de spin.

A4: ¿No se puede hablar de aceleración no?

P: No, no.

C7D17 A4: Claro, porque...

8 P: No pienses tan clásicamente. ¿Está bien? No pienses tan  
C7D17 clásicamente. Pueden ocupar la misma parte del espacio o no la  
9 pueden ocupar. ¿Está bien?

C7D18 A4:... tienden a acercarse, hay algo que cambia,...

0 P: No es una interacción en el sentido de que puedas describir una  
C7D18 fuerza. No lo pienses clásicamente.

1 A4: Claro, clásicamente parece muy loco que...

P: Lo único que puedes

C7D18 A4: ....

2 A4: No pienses en... de la partícula. Es una probabilidad!

C7D18 P: Claro, es una probabilidad de tener las partículas juntas o  
3 probabilidad cero de tenerlas juntas y eso es consecuencia solamente de su estado de spin. ¿Está bien? Es un efecto absoluta y totalmente  
C7D18 no clásico. Totalmente cuántico. ¿Está bien? Si vos tenes partículas  
4 clásicas, las partículas pueden ocupar, pueden pasar una cerca de la  
C7D18 otra y no hay ningún problema. Cuánticamente eso depende del  
5 estado de spin de las partículas.

C7D18 A4: Ahora, si yo tengo dos partículas, digamos, acercándose, ¿puede  
6 ser que me quede una cerca de otra?

C7D18 P: Sí.

7 A4: Entonces, cambió para dónde iba. Si yo tiró una para allá y otra  
C7D18 para acá y pueden quedar... ¿Spin?

8 P: Sí. Pero depende de su estado.

A4: Pero, claro.

P: Otra vez, en el caso de Cooper, el caso de los superconductores, para dar otro ejemplo, son dos partículas que tienen la misma función de onda espacial, pero que tienen en su spin, entonces agrupan de  
C7D18 esta manera, una para arriba y uno para abajo. ...estado de spin, que  
9 pueden estar junto. Son dos fermiones.

A4: Entiendo, pero lo veo muy loco. Imaginate que tengo dos...

C7D19 *P: Sí.*  
0 *A4: Por el solo hecho de estar...*  
C7D19 *P: Pero no vienen a velocidad constante. Estamos en cuántica. ¿De*  
1 *acuerdo? No pienses clásicamente. En cuántica lo único que puedes*  
*definir son probabilidades. ¿Está bien? Densidad de probabilidad de*  
C7D19 *encontrar dos partículas en el espacio. Si me hablas de una velocidad,*  
2 *me tenés que hablar de una velocidad promedio, pero no me hables de*  
C7D19 *velocidad constante o de partículas...*  
3 *A4: ... ya no existen velocidades, no?*  
C7D19 *P: Pero no sé a dónde querés ir.*  
4 *A4: Digamos, como que yo...*

C7D19

5

C7D19

6

C7D19

7

C7D19

8

C7D19

9

C7D20

0

C7D20

1

En el último fragmento de este diálogo, la docente trata de que el alumno clarifique cuál es su duda central y, a partir de las afirmaciones y preguntas del alumno, va respondiendo y explicando, hasta que entiende que el alumno ha comprendido por dónde pasa la diferencia esencial entre mecánica clásica y cuántica que le estaba impidiendo avanzar.

C7D20 P: A ver, ¿cuál es tu problema?  
2 [Risas]

C7D20 A4: Claro, velocidad promedio...  
3 P: ¿Por qué necesitamos una velocidad? ... No es una interacción...  
C7D20 aceleración... acá no cuenta. ¿De acuerdo? ¿Está bien? Lo único que  
4 puedes decir es que las partículas tienen determinadas probabilidades  
C7D20 de poder estar juntas o no. O cero. Esto es lo único que puedes decir.  
5 ¿De acuerdo? Para que veas que tu...  
A4: ¿Podría suceder que el spin se oponga a una interacción de  
Coulon?  
P: Exactamente. Podría suceder. Fíjense una cosa, si yo tengo dos  
C7D20 electrones, fíjense, en el caso de la nube de electrones. Si yo tengo, si  
6 son dos electrones. ¿Está bien? Esos dos electrones por Coulon van  
C7D20 tender a repelerse. Sin embargo, si tienen diferente spin, pueden  
7 ocupar el mismo espacio. Por supuesto va a haber una competencia  
entre las dos cosas. Va a haber una competencia entre la interacción  
de Coulon, que tiende a repelerlas y esta interacción de spin.  
Interacción en el sentido de tener una densidad de probabilidad  
conjunta de poder estar juntas. Y eso... Va a haber una competencia  
entre dos efectos ¿sí?, y bueno, digamos, siempre el equilibrio va a  
resultar de la competencia entre esos dos efectos, entre la interacción  
de Coulon que tiende a repelerlas y esta interacción de spins, de spins  
opuestos que tiende a acercarlas. ¿Está bien? Va a haber una  
competencia. O sea, cuando vos quieras ver qué es lo que va suceder,  
tenés que considerar por un lado, que hay una interacción espacial de  
Coulon y por el otro lado, que hay una interacción de intercambio,  
interacción de spin que va a, digamos, va a jugar.  
A4: Y las fuerzas. Una fuerza, ya no puedes hablar de fuerzas...

C7D20 P: Lo que pasa que vos no puedes definir la fuerza del spin.  
8 A4: No hablaba de spin, hablaba de una interacción de Coulon,... como  
C7D20 una densidad de probabilidad...  
9 P: No, vos puedes definir una fuerza espacial. ¿Está bien? Esa fuerza va  
C7D21 a dar origen a un potencial, ese potencial... un campo. ¿Está bien? En  
0 cuántica.  
A4: Por ejemplo [se superpone a la respuesta de la profesora]

C7D21 P: Vos no trabajas con fuerzas, exactamente. Tenés que trabajar con  
1 potenciales. Siempre trabajas con... ¿Está bien? Hay fuerzas, sí, ¿cómo

C7D21 no? Vos las representas con potenciales. Pero las fuerzas son  
2 conceptos espaciales, es la representación matemática de una  
C7D21 interacción espacial. ¿Está bien? Lo que estoy hablando ahora es un  
efecto cuántico debido al estado de spin.

3 A: [No se oye]

P: Que lo llamas también interacción. Porque va a variar la densidad de  
probabilidad de... ¿De acuerdo?

C7D21

4

C7D21

5

Este fragmento que hemos analizado, muestra el compromiso de los alumnos en el proceso, que el docente sostiene a partir de las respuestas que va dando a las numerosas preguntas de los alumnos. Da cuenta también, de los modos que asumen los procesos de comprensión y la posibilidad que tienen los docentes de intervenir en ellos, en tanto dan lugar a los alumnos a expresarlos en clase. Y en tanto, también, los *andamian* a través de cierto tipo de preguntas, respuestas y repreguntas.

#### 4.8.2.1.2. Uso particular de los pronombres.

A lo largo de la clase el docente hace uso de la primera y la segunda persona del plural. De esta forma va haciendo partícipes a los alumnos del proceso de construcción en la clase. En los ejemplos que siguen, el *nosotros* alude al trabajo compartido en clases anteriores:

C7D P: Bueno les decía, vamos a hacer un pequeño racconto de lo que vimos  
2 la clase pasada.

C7D P: Bien, entonces, lo primero que analizamos la vez pasada, es cómo  
6 sería la función de onda de un par de partículas no interactuantes, un caso más sencillo.

C7D5 P: O sea, como habíamos hablado hace un par de clases, hace un par de  
8 clases, que uno, que esos, esos, esas interacciones que son más chiquitas que las fundamentales, pueden tratarlas como desarrollos en

*serie.*

En el siguiente fragmento, el *nosotros* asume la función de invitar a los alumnos a sentirse parte de la tarea que va a desarrollar el docente:

C7D 6 *P: Lo que vamos a demostrar ahora, lo que vamos a mostrar, es que, este carácter de función de onda simétrica o antisimétrica, permanece en el tiempo, no cambia.*

Por otra parte, en el ejemplo que sigue, el uso de la primera persona del plural, incluye a docente y alumnos en la misma situación de limitación y de “no saber”. Este uso los acerca: hay cosas que ni el docente ni los alumnos manejan y los coloca en la situación de ser parte del mismo colectivo.

C7D11 7 *P: No podemos saber qué, cuánto vale este total. Solamente podemos determinar que éste va a valer entre 0 y 1.*

Por otra parte, el docente utiliza la segunda persona del plural para traer la voz de los alumnos y hacerlos parte del proceso a partir del reconocimiento de que están allí, pensando, haciéndose preguntas:

C7D4 4 *Ustedes dirán “qué nos interesan las partículas independientes”.*

Utiliza también el *ustedes* para invitarlos a pensar (turno C7D6) y a detenerse en algunas afirmaciones (turno C7D58):

C7D6 *Fíjense, supónganse que  $f$  de  $t$  es una función simétrica, ¿está bien? Esta es la función evolucionada.*

C7D5 8 *Y fíjense lo siguiente, uno podría decir “a quién le importa un sistema de  $n$  partículas independientes”, ¿no?*

Este uso particular de los pronombres compromete a los alumnos en la construcción, los hace partícipes de la clase desde el discurso del docente que, a través de este recurso, incluye a los estudiantes desde el trabajo compartido, los desafíos y dificultades comunes y también desde lo que pueden plantearse durante la clase.

#### 4.8.2.1.3. *Presentación de los científicos en el discurso*

En esta clase el docente incluye fragmentos o relatos vinculados a los científicos que trabajaron sobre las temáticas desarrolladas en la clase, con la explícita finalidad de mostrar cómo, ciertas preocupaciones, confusiones, preguntas que ellos como alumnos pueden tener, eran también propias de estos científicos.

En un momento de la clase lee el fragmento de un texto de un ganador del Premio Nobel que alude a Niels Bohr: Percy Bridgman. El docente vincula sus palabras con la temática que están abordando y prosigue el relato, finalizando con el señalamiento de que fue este mismo científico, a pesar de su confusión inicial, el que resolvió el problema.

C7D5 8 *P: Se acuerdan que la vez, que la clase pasada les dije, les dije que les iba a leer alguna frase de los físicos de ese momento para que vieran que ellos tenían la misma confusión que ustedes. Y les voy a leer por ejemplo, lo que dijo, esperen que lo encuentre. ... Cuando recibió el Premio Nobel en 1946 y contaba una anécdota, entonces decía: "Una nueva parte de mi vida científica comenzó cuando conocí a Niels Bohr personalmente. Fue en 1922, cuando estuvo dando una serie de conferencias... en las cuales exponía sus investigaciones teóricas sobre el sistema periódico de los elementos, la tabla periódica. El problema de por qué todos los electrones de un átomo en su estado fundamental, no estaban ligados a la capa más interna, había sido planteado por Bohr como un problema fundamental. Claro, ¿por qué todos los electrones no están concentrados en la capa más interna del átomo, si es la capa de menor energía?" ¿Está bien? Es lo que llamaríamos el estado 1... ¿Por qué no tenemos a todos los electrones metidos ahí? "En aquella ocasión y en posteriores discusiones, Bohr me dio la impresión de que estaba buscando una explicación general para el problema de las capas electrónicas completas." ¿Quién encontró ese problema? ¿Quién resolvió ese problema? Fue justamente NN. Y entonces ¿dónde está la razón de que todos los electrones no estén en la capa interna? A ver, ¿quién se da cuenta? Supónganse, nada más, nada más, que yo quiero meter dos electrones en el mismo estado. ¿Sí? El mismo estado es la misma función de onda. ¿Está bien? ¿Cómo escribiríamos esto? ¿Este determinante, esta función de la onda antisimétrica?*

En este fragmento, también, vemos como el docente utiliza el relato para, por un lado, mostrar cómo un investigador se plantea un problema y, por otro, cómo la construcción surge del trabajo que realizan los científicos a partir de los desarrollos de quienes los anteceden.

La construcción de la ciencia supone el trabajo de hombres y mujeres que no siempre tuvieron claridad en el proceso de investigación. El fragmento que sigue muestra la perspectiva del trabajo de los científicos, que posibilitan el desarrollo de la ciencia a pesar de las dificultades que la investigación supone. El docente cita a un matemático a quien no identifica, para dar fuerza a sus palabras:

C7D21 P: *Para que vean, insisto, que estas cosas a todo el mundo les costó, incluso a los físicos que desarrollaron todas estas ideas, fíjense lo que dijo acá un matemático: “dónde se encuentra la materia sólida, antigua y perfecta que obedece a leyes matemáticas precisas. La piedra que el Dr. Johnson partió una vez para demostrar la realidad de la materia, se ha disipado hacia una distribución difusa de posibilidades matemáticas.”*

#### **4.8.2.2. Recursos para presentar a la ciencia.**

El docente hace uso de una serie de recursos para presentar la ciencia. Estos son:

- Explicitación de supuestos y convenciones.
  - Legitimación del conocimiento.
    - a. Científicos relevantes.
    - b. Presentación de experimentos y demostraciones.
- Hablar ciencia.
  - a. Explicación narrativa.
  - b. Lenguaje matemático.

##### *4.8.2.2.1. Explicitación de supuestos y convenciones.*

En esta clase, el docente explicita algunos supuestos propios del contenido que está enseñando. En ciertos casos, lo hace refiriéndose al gran paradigma científico que permite reconocer esos supuestos que, en el ejemplo que sigue, es la mecánica cuántica.

C7D2 *P: Si yo tengo... hamiltoniano, que tiene esta simetría, recuerden que, en mecánica cuántica, cuando uno tiene una simetría y quiere ver, digamos, quiere explotar al máximo esa simetría, lo que hace es definirse un operador que realice esta operación de simetría.*

En el ejemplo que sigue, el docente explicita lo que supone que los alumnos saben sobre el tema, lo que forma parte de sus modos de pensar sobre el tema, aquello a lo que están acostumbrados, y a continuación explicita de qué se trata en esta ocasión: una interacción entre partículas.

C7D17 *P: Lo que pasa lo que pasa es que Uds. están acostumbrados a ver 7 interacciones que uno representa espacialmente con un potencial o con una fuerza... Esto es una interacción ¿sí? entre las partículas es un efecto de las partículas debido a su estado de spin.*

En ambos casos, la explicitación de estos supuestos “epistemológicos” y “cognitivos”, tal como los hemos denominado en un caso anterior, dan cuenta del conocimiento del docente sobre las características y los obstáculos que suponen los contenidos a enseñar y su posibilidad de construcción de *puentes* para favorecer la comprensión.

#### 4.8.2.2.2. *Legitimación del conocimiento.*

El docente apela, para legitimar el conocimiento en su clase, a la presentación de experimentos y demostraciones, a su autoridad docente y a científicos relevantes.

En relación a la *presentación de experimentos y demostraciones*, por una parte, el docente alude a la posibilidad de demostrar de diferentes formas un mismo fenómeno: a través de experimentos y de demostraciones matemáticas. En el fragmento que sigue se plantea la posibilidad de un abordaje experimental, que no puede realizarse en la clase, pero al que el docente se refiere planteando que “*nunca se ha visto*” que se comporten de determinada manera:

C7D *P: Lo que vamos a demostrar ahora, lo que vamos a mostrar, es que, 6 este carácter de función de onda simétrica o antisimétrica, permanece en el tiempo, no cambia. ¿Está bien? Y esto se puede demostrar bastante fácilmente. Se podría demostrar con un método experimental. Es decir,*

*nunca se ha visto a un electrón comportarse como un bosón, individualmente. O nunca se ha visto a un bosón comportarse como un fermión. O nunca se ha visto a un protón comportarse como un bosón, etc., etc. ¿Está bien? Pero también se puede demostrar. ¿Y cómo lo demostraríamos? Bueno, lo que vamos a hacer es ver cómo evolucionan las funciones de onda.*

Se plantea también, en el fragmento anterior, otra manera de demostrarlo que es a través de ecuaciones y eso es lo que el docente hace a continuación en la clase.

En el siguiente ejemplo, el docente muestra con imágenes animadas por computadora, un experimento realizado que permite ver el comportamiento de los electrones:

C7D21 P: *Entonces, si yo tengo un número pequeño de electrones, sobre una*  
5 *pantalla (esto por ejemplo es el experimento de la doble rendija), uno*  
*ve que caen erráticamente. Ningún electrón, cada electrón cae en un,*  
*digamos, determinando un punto, como una cantidad entera, como*  
*caería una bala, pero erráticamente. A medida que va aumentando el*  
*número de electrones, entonces es cuando se va observando esta*  
*figura de interferencia.*

Toda la segunda parte de la clase está destinada a mostrar a los alumnos una serie de experiencias para ilustrar y reafirmar muchos de los conceptos teorías y principios desarrollados en la materia.

Es importante destacar que, en el última instancia, es la *autoridad docente* la que valida este saber. Como se observa en el fragmento que sigue y pudo observarse en la clase, algunos alumnos no están seguros de que lo que les está mostrando el docente sea verdadero:

C7D226 A1: *¿Es experimental?*

C7D227 P: *Sí, es experimental, es experimental.*

Es la palabra del profesor la reafirma y legitima lo que están viendo. Lo hace también cuando alude a *científicos relevantes* de dos maneras diferentes, por un lado, explicando de dónde surgen algunos términos que se utilizan y que remiten a los científicos que investigaron sobre esas temáticas.

En el siguiente ejemplo que presentamos, el docente alude a los científicos que dieron nombre a los protagonistas de la clase: los fermiones y bosones:

C7D1 P: *¿De dónde viene bosón y fermión? Claro. Bosón viene de un físico indio, llamado Bose, que fue junto con Einstein quienes elaboraron lo que sería la estadística de estas partículas de funciones de onda simétrica. Y fermión viene de Fermi. Porque Fermi y Lindhard fueron los que elaboraron también la estadística, los que dedujeron cuál sería la estadística de las partículas como función de onda antisimétrica.*

La autoridad de este docente en tanto investigador, conocedor del contenido y también de sus alumnos, le permite validar los distintos conceptos y ejemplos que presenta en la clase.

#### 4.8.2.2.3. Hablar ciencia

a. Uno de los modos que pone en juego este docente para hablar ciencia, es la explicación, la que como plantearemos más adelante, realiza de una manera particular. Pueden recuperarse las palabras de los alumnos para presentar la característica que define a estas clases:

- *“Realmente es para destacar la labor de DD en la teórica, explica muy bien y es muy ordenado.”* (Comentario 2 - Física 4 - Encuesta 2006 - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- *“Muy buenas las explicaciones teóricas.”* (Comentario 8 - Física 1 - Encuesta 2005 - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

Son recurrentes estas opiniones de los alumnos que dan cuenta de un rasgo propio de estas clases: el docente explica y esto supone una preocupación por la comprensión de los alumnos, por hacer accesible el conocimiento.

¿Cómo se explica en esta clase? Las explicaciones se construyen principalmente a partir de la presentación, por parte del docente, de perspectivas teóricas diferentes. En la entrevista realizada<sup>23</sup>, el mismo docente plantea su

---

<sup>23</sup>Sobre las entrevistas, ver el Capítulo 4 Objetivos, diseño y desarrollo de la investigación, sobre los instrumentos y el procedimiento seguido en esta investigación y específicamente, el Anexo B.

interés por mostrarles a los alumnos que existen “modos de pensar” diferentes que es necesario comprender:

*“Física 4 me gusta porque... tiene dos partes una que es Termodinámica y otra que es introducción a la Mecánica Cuántica. Toda la parte de mecánica cuántica es todo lo contrario de la mecánica clásica, es decir, la mecánica clásica es lógica, a uno le resulta muy familiar lo que uno aprende, en cambio, la mecánica cuántica es absolutamente ilógica desde nuestro punto de vista cotidiano. Entonces ir llevándolos a darse cuenta que la mecánica clásica no puede explicar todo, y que uno tiene que empezar a aceptar nuevas ideas, entonces es una especie de apertura de mente a nuevas ideas que, a ellos, no les resultan lógicas...”.*

El modo de explicar en esta clase se asemeja al que Ogborn (1998) denomina “Míralo a mi manera”: el profesor se propone que los alumnos vean los fenómenos desde el punto de vista de una teoría determinada, en este caso, desde la física cuántica.

C7D7 *P: Y ahí está la gran diferencia con la mecánica clásica. ¿Por qué? Porque teníamos que en mecánica clásica por ahí también podemos tener dos estados posibles, finales y entonces, la densidad de probabilidad va a ser la suma de las densidades de probabilidad de cada uno de esos dos estados. Pero no va a haber un término de interferencia, un término que me mezcle los dos estados. ¿Está bien? Esa es la gran diferencia que uno tiene con la mecánica clásica.*

En la explicación que el docente realiza, se presentan ciertos *personajes* que son los protagonistas de la historia: fermiones y bosones. Se los caracteriza y anima, haciéndolos análogos a los seres humanos, y se desarrolla su historia a lo largo de toda la clase.

C7D6 *P: Los fermiones son tipos antipáticos, va cada uno por su lado. ¿Está bien? Cada uno con su propio estado y no comparten su estado con nadie. ¿Está bien? En cambio los bosones, uno podría decir que son, así, promiscuos, [risas] porque les gusta andar así en barra, todos amuchados, y pueden compartir todos, todos, el mismo estado.*

Se recuperan, explícitamente, saberes previos y trabajos desarrollados en clases anteriores para mostrar los vínculos con el nuevo conocimiento que se está enseñando. Y se hace no sólo al inicio de la clase, sino durante todo su desarrollo.

C7D1 P: Como les dije la vez pasada se puede probar, se puede probar en  
4 teoría de campo recién.

C7D1 P: Se suman como se suman los impulsos angulares, ¿verdad? Como  
6 vimos hace un par de clases que se suman los impulsos angulares. No es la suma directa de los spin. ¿Está bien?

El docente, va apelando a esos saberes, aludiendo a clases anteriores, como en los ejemplos previos, y a la pregunta “¿Se acuerdan?”, como se observa en los siguientes fragmentos.

C7D6 P: ¿Se acuerdan? ¿Lo escucharon mencionar alguna vez? Eso que nos  
4 decía que dos electrones en un átomo no pueden estar en el mismo estado. ¿Sí? Bueno, es justamente esto.

C7D6 P: ¿Se acuerdan de los pares de Cooper? Los pares de Cooper eran,  
8 conjunto de dos fermiones, de dos fermiones que andaban juntos. Este par de Cooper, este par de fermiones se comporta como un bosón.

Tanto en los ejemplos anteriores como en el que sigue, el docente pregunta por algún concepto ya planteado en clases previas y lo desarrolla brevemente antes de continuar con la explicación.

C7D9 P: ¿Se acuerdan? Que podíamos tener una función de onda, eh... La  
7 función de un hamiltoniano como éste podía ser una función de onda simétrica o antisimétrica. Así que, en cuanto a la parte espacial, que va a ser función de esto.

b. Entre las diferentes maneras de hablar ciencia, se encuentra el uso del lenguaje matemático. A lo largo de la clase, el docente hace referencia a las diferencias entre matemática y física, a los límites de una y otra.

C7D P: Como son funciones de onda, perdón como son operadores  
6 separables, entonces, lo que nos dice la matemática, es que esta función

*conjunta de las dos partículas, se podría escribir como una función para la partícula 1, con una función de la partícula 2. ¿Está bien? Donde recuerden que  $\mu$  y  $\nu$  representaban todo el conjunto de números cuánticos que eran solución de cada uno de los hamiltonianos, ¿sí? Ahora, esto es lo que nos dice la matemática, ¿sí? Y además, igualmente, si yo intercambio uno con dos, uno puede tener otra solución que sería. Sería otra solución matemática posible, con la misma jerarquía, ¿está bien? Y recordemos que si uno tiene... Si yo tengo una función, una ecuación de autovalores, donde dos soluciones tienen el mismo autovalor, cualquier combinación lineal entre ellas también va a ser una solución. Hasta ahí la matemática. La física qué nos dice, bien, tenemos todo este universo de soluciones, pero no todas son soluciones físicas. ¿Está bien? Las únicas soluciones físicas, las únicas soluciones físicas, son aquellas tales que, la función de onda, la función, es simétrica o antisimétrica frente a la permutación de las dos partículas.*

Se reconoce el valor de la matemática como lenguaje para hablar física, aunque como se observa en el ejemplo previo, es necesaria una segunda “mirada” física para comprender los fenómenos. Es ella la que nos dice cuáles, de todo el universo de soluciones que provee la matemática, son soluciones físicas.

En el fragmento que sigue, nuevamente se plantea la matemática como forma de representación de fenómenos físicos.

C7D21 P: *Vos no trabajas con fuerzas, exactamente. Tienes que trabajar con 3 potenciales. Siempre trabajas con... ¿Está bien? Hay fuerzas, sí, ¿cómo no? Vos las representas con potenciales. Pero las fuerzas son conceptos espaciales, es la representación matemática de una interacción espacial. ¿Está bien? Lo que estoy hablando ahora es un efecto cuántico debido al estado de spin.*

La Física requiere del lenguaje matemático para expresar ciertos fenómenos, no se agota en él pero se potencia con esta herramienta. El fragmento que sigue es un ejemplo de las múltiples ocasiones en la clase en la que, el docente, hace uso de este lenguaje para *hablar física*.

C7D101 P: *1 o 0. Es decir, que esté éste va a estar:  $S_1-S_2$  y éste:  $S_1 + S_2$ . 0*

sea, que éste va a estar, va a tener valores o 0 o 1. El estado singlete corresponde a que las partículas, el conjunto de las dos partículas, tenga un  $S$  total igual a 0. Mientras que el estado triplete corresponde a que las dos partículas acoplen sus spines a  $spin = 1$ .

$$\begin{array}{l} | \quad S_1 - S_2 \downarrow \quad S \leq S_1 + S_2 \\ | \quad \quad \quad \quad \quad \quad 0 \leq S \leq 1 \end{array}$$

El docente dice que va a escribir como si fuera una partícula independiente y lo que hace es escribir en términos matemáticos lo que el fenómeno supone:

<p>C7D12 Vuelvo a escribirlo como si fuera 3 una partícula independiente. ¿Está bien? Para poder escribir... Fi 1 fi2 por Yo hago lo mismo. Trato de acercarlas.</p>	$\begin{aligned} & \varnothing_s(1, 2) \\ & = [\varnothing_1(1)\varnothing_2(2) + \varnothing_1(2)\varnothing_2(1)] \cong \\ & / r_1 \rightarrow r_2 \quad 2 / \sqrt{2} \quad \varnothing_1(1) \\ & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \varnothing_2(2) \end{aligned}$
--	---

La matemática habla en la clase muchas veces traduciendo, muchas veces representando lo dicho.

## 4.9. Caso 8

### 4.9.1. Descripción de la clase.

La clase que se analiza a continuación es la última de la materia *Física 4*, de la Carrera de Física de la Universidad de Buenos Aires. Tuvo una duración de 2 horas, con un descanso de 15 minutos. Participaron 30 alumnos.

El docente inicia el desarrollo del tema dando a entender que continúa lo trabajado en la clase anterior. Plantea un *sistema acoplado* en el que el *potencial de interacción* entre estas dos partículas es electrostático y depende de la coordinación relativa. Trabajan con las *ecuaciones de Schroedinger* y van sacando conclusiones en función del comportamiento de las distintas variables.

Se analizan, luego, cuáles son las constantes de movimiento del problema y se concluye que todas las componentes de  $L$  se conservan. Se realiza todo el desarrollo matemático para abordar las distintas cuestiones.

Después del intervalo, se resuelve la ecuación que se estuvo planteando y analizando previamente. Se concluye que el resultado se condice con las *energías de Bohr* y se hace una serie de consideraciones al respecto.

El docente finaliza la clase planteando lo que será contenido de la siguiente: qué pasa cuando existe *degeneración* e invitando a pensarlo antes: “piénsenlo un poquito y bueno, vemos qué pasa la vez que viene”.

En la clase hace un uso constante del pizarrón para desarrollar fórmulas y graficar fenómenos.

#### **4.9.2. Análisis de la clase.**

##### **4.9.2.1. Recursos para comprometer a los alumnos en el proceso de la clase.**

En esta clase, se utilizan como recursos:

- Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as
  - a. Preguntas retóricas.
  - b. Preguntas de elicitación de respuesta corta.
  - c. Preguntas reactivas.
- Lenguaje coloquial

##### **4.9.2.1.1. Preguntas y respuestas de/la profesor/a y los/as alumnos/as**

a. Se plantean constantemente, en esta clase, *preguntas retóricas* para dar continuidad al discurso. Los tres que siguen son ejemplos de este tipo de preguntas que dan carácter dialógico al discurso:

C8D 9 P: ...todo esto aplicado a nuestra función de onda  $\psi$ , que, ¿de quién va a depender? De  $r$  grande, de  $r$  chica, igual a la energía del sistema por  $\psi$  de  $R$  grande, de  $r$  chica.

El docente hace la pregunta y la contesta a continuación, sin esperar la respuesta de los alumnos. En el siguiente fragmento se observa cómo el docente pregunta y se responde utilizando como sujeto el mismo objeto por el que preguntaba, expresado en los mismos términos:

C8D3 3 *P: Bueno, ¿cómo escribimos el laplaciano en esféricas? El laplaciano en esféricas se escribe así: uno sobre r, derivada segunda respecto de r dos veces por r, más, uno sobre r cuadrado, (se puede escribir todo) derivada segunda respecto de tita dos veces más uno sobre tangente de tita, derivada respecto de tita, más uno sobre seno cuadrado de tita (imposible acordarse de esto de memoria) derivada segunda respecto de fi dos veces, bueno...*

En el ejemplo que se presenta a continuación, el docente se responde pero, en este caso, incluyendo a los alumnos en el tema que se propone desarrollar en la clase.

C8D11 7 *P: Entonces, ¿qué hacemos? Vamos a estudiar, vamos a ver qué pasa con esta serie infinita cuando tiende a infinito, a ver si efectivamente la serie converge, en principio converge, y si converge, a qué función converge.*

En el fragmento que sigue, se presenta un nuevo ejemplo de pregunta retórica que, en este caso, adopta una estructura diferente: el agente es el profesor haciendo preguntas en primera persona del plural. La pregunta en plural incluye a los alumnos y alumnas como agentes que comparten el razonamiento, los incluye como agentes de esas acciones. El docente hace una afirmación que pone luego en cuestión:

C8D12 1 *P: Así que no sirve la serie infinita y lo que tenemos que hacer es aplicar la condición de contorno otra vez y pedir que la serie se corte en algún punto. ¿Podemos hacer eso? ¿Sin ser arbitrarios? ¿Hay algo que todavía nos haya quedado indeterminado? Aquí está metida la energía. Y eso justamente entonces nos va a dar cuáles son las energías posibles, ¿está bien? pidiendo que esta serie se corte. Bien. ¿No hay un poco de expectativa? ¡Cuánta razón habrá tenido Bohr! ¿No?*

La última pregunta (“¿No hay un poco de expectativa?”) incluye la expectativa del propio docente: si ha logrado crear el *suspense* necesario para que los alumnos se comprometan con la explicación que se plantea en la clase.

b. El docente utiliza también, *preguntas de elicitación de respuesta corta*. En la mayoría de los casos, el docente repite la respuesta brindada por el alumno y la aprueba (en los ejemplos que siguen, lo hace con un “exactamente”). Luego avanza con la explicación. Es un ejemplo típico de IRE. presente en los contextos académicos.

C8D1 P: *¿Qué pasa con las coordenadas de (... dos) y las coordenadas de la*  
1 *partícula de masa mu? ¿Qué les pasa?*

A3: *Se separan.*

C8D1 P: *Se separan. Exactamente. Fíjense que esto se puede escribir como un*  
2 *operador que depende solamente de las coordenadas del centro de*

C8D1 *masa*

3

En el fragmento siguiente, repite la respuesta del alumno y a través de una pregunta que tiene un carácter afirmativo, la aprueba antes de seguir adelante. Nuevamente una secuencia IRE en el desarrollo de la clase.

C8D7 P: *Fíjense, este potencial, o sea, mejor dicho este término que tenemos*  
1 *acá, que es parte de la energía cinética, que ahora tiene la pinta de un*  
*potencial, ¿se acuerdan cómo se llama?*

A7: *Potencial centrífugo.*

C8D7 P: *Potencial centrífugo. ¿Está bien?*

2

C8D7

3

En el último ejemplo que se presenta, la docente aprueba la respuesta, la ubica dentro del proceso de formación en la Carrera y la completa. En este caso, en la secuencia IRE, el docente parafrasea la respuesta del alumno para seguir desarrollando la explicación.

C8D9 P: *Bueno, ésta es una ecuación sencilla, ¿está bien? cuya solución, es*  
5 *más, ya nos apareció alguna vez. ¿Qué solución tiene esto?*

A2: *Exponencial.*

C8D9 P: *Claro, son exponenciales. Viene apareciendo desde Física 1 en*  
6 *realidad, son exponenciales reales.*

C8D9

Estas preguntas, a lo largo de la clase, van dando continuidad a la explicación que realiza el docente. Procuran que todos los alumnos sigan el *ritmo* de la explicación, no buscan recuperar la voz del alumno para conocer su perspectiva, sus conocimientos previos o concepciones erróneas, aunque éstas podrían aparecer.

c. El docente realiza también *preguntas reactivas*. A diferencia de las de las preguntas de elicitación, a partir de las preguntas reactivas se generan breves diálogos que el docente utiliza para avanzar en las explicaciones:

C8D4 P: O sea, el conjunto completo de observables que conmutan. O sea que  
9 de estas constantes de movimiento tengo que extraer aquellos operadores que conmutan todos con todos. ¿Sí? Bueno, ¿quiénes son?

A: (Algún alumno contesta pero no se escucha lo que dice).

C8D5 P: H obviamente, lo voy a meter, ¿quién más?

0 A7: L cuadrado

C8D5 P: L cuadrado conmuta con todas las componentes de L y con H, así que  
1 ya está. ¿Y?

C8D5 A7: Alguna componente de L.

2 P: Alguna componente de L, una sola, porque si meto dos, esas dos ya  
C8D5 no conmutan.

3

C8D5

4

C8D5

5

En el fragmento que sigue, la pregunta inicial apela a la construcción y, a partir de la primera respuesta, el docente sigue preguntando para pedir aclaraciones o reformulaciones que lo enriquezcan.

Es otro ejemplo de una secuencia IRE, en la que la pregunta final es claramente un feedback o evaluación negativa sobre la respuesta que le han dado. Está claro que no podemos “tachar alegremente”. La evaluación se ha convertido en una pregunta (el turno de evaluación está ausente: si no se repite la pregunta o se indica que está mal, implica que la respuesta era correcta).

C8D6 *P: ¿Qué puedo hacer? Fíjense.*

5 *A4: Tachamos  $\square$ .*

C8D6 *P: ¿Tachamos? ¿Tachamos así, alegremente?*

6 *A4: No.*

C8D6 *P: ¿Tachar el Y? ¿Sí? Fíjense que L está cuadrado. ¿Qué hace L*  
7 *cuadrado? L cuadrado, ese operador, a ese R de r no le hace nada. Bah,*

C8D6 *en realidad lo multiplica por uno sobre r cuadrado ¿está bien? Pero no le*  
8 *hace ninguna derivada, ninguna cosa rara. ....Pero L cuadrado aplicado*

C8D6 *al Y sub lm ¿qué hace?*

9 *A6: Multiplica por L...*

*P: Exacto.*

C8D7

0

C8D7

1

En el siguiente ejemplo, el docente pide que vayan completando la respuesta, recuperando las palabras del alumno y haciendo nuevas preguntas.

C8D17 *P: ¿Y eso está bien para este problema? ¿Qué tipo de simetría tiene*  
3 *que tener la densidad de probabilidad?*

*A1: Esférica.*

C8D17 *P: ¡Esférica! ¿Entonces? En este redondel, figuras de revolución salen*  
4 *debido a que usamos L zeta. ¿Y entonces?*

C8D17 *A1: No sabes quién es L zeta.*

5 *P: Claro, no sabemos cuál es L zeta, pero igual con figuras de*  
*revolución se podría decir algo, que en alguna dirección debe estar.*

C8D17

6

C8D17

7

Todas estas preguntas mantienen a los alumnos involucrados en la clase, comprometidos con el proceso de construcción que propone el docente.

#### 4.9.2.1.2. *Lenguaje coloquial.*

A lo largo de la clase se utiliza un lenguaje que muchas veces es coloquial y permite acercar a los alumnos al proceso de construcción del conocimiento. En el ejemplo que se presenta a continuación, el docente califica uno de sus gráficos como “re-torcido”, y de esta forma se califica como docente que se equivoca y no siempre hace todo perfecto:

C8D  
3 *P: Y entonces vamos a tener, supongamos esto metido dentro de un sistema de referencias cualquiera, éstas serían las coordenadas del núcleo, bue! Salió re-torcido... y ésta es la coordenada, la posición del electrón ¿está bien?*

En el fragmento siguiente el docente adjetiva un fenómeno físico con un calificativo que escapa al lenguaje científico, y que se acerca al lenguaje cotidiano:

C8D3  
3 *P: Claro, de un paquete de ondas.... Espantoso. Pero bueno, lo que les dije es que el centro de masa se comporta como una partícula libre. Este es el dato que contamos. Pero no es lo que realmente tenemos que resolver.*

En el ejemplo que sigue, el docente alude al aspecto de un orbital, denominándolo “pinta”. El lenguaje coloquial permite establecer ciertos puentes entre los alumnos y el conocimiento científico que se está desarrollando.

C8D17  
3 *P: Digamos, la pinta del orbital justamente, va ser la que da los psi sub ene ele al cuadrado porque ésta justamente depende de erre y me va a decir cómo va decreciendo en erre. ¿Está bien? Pero justamente, los psi sub ene ele al cuadrado, nos da unas figuras de revolución alrededor del eje zeta. ¿Y eso está bien para este problema? ¿Qué tipo de simetría tiene que tener la densidad de probabilidad?*

La utilización de este tipo de expresiones acerca a los alumnos a la ciencia, ya que la hace más accesible a partir de un lenguaje que les resulta más cercano.

#### 4.9.2.2. **Recursos para presentar a la ciencia.**

En esta clase se ponen en juego varios recursos para presentar la ciencia a los alumnos. Entre ellos se encuentran:

- Explicitación de supuestos y convenciones.
- Legitimación del conocimiento.  
Autoridad docente
- Hablar ciencia
  - a. Lenguaje matemático
  - b. Explicación narrativa
- Construcción de modelos

#### *4.9.2.2.1. Explicitación de supuestos y convenciones.*

En esta clase, el docente explicita un aspecto del lenguaje científico que es la notación que se utiliza para las funciones de onda. Y lo hace mostrando que hay diferentes modos de realizarlo y uno de ellos es el que utilizan quienes trabajan con estos conceptos:

C8D15 P: Ah, una cosa importante para mí es la notación que uno usa con  
3 esto. Fíjense, las funciones de onda dependen de estos tres números cuánticos. ¿Está bien? Y en general unos puede rotularlos así *psi* sub ene, ele, eme. Sin embargo, la gente que trabaja con estas cosas, en general por ejemplo los espectroscopistas, los químicos, gente que hace molecular, gente que hace atómica, etc., etc., rotula a estos estados de acuerdo, dándole digamos, dándole un cierto nombre, dependiendo del valor de ele. ¿Está bien?

En el segundo ejemplo, el docente explicita que hay “pasos matemáticos aburridos” que es necesario realizar, pero que pueden plantearse sin detenerse demasiado en ellos.

C8D8 P: Ok. Entonces, con este...reemplazo, la ecuación ahora queda:  
7 derivada segunda respecto de  $r$  dos veces, voy a pasar por alto los pasos matemáticos aburridos pero directos, digamos, menos ele por ele más uno sobre  $r$  cuadrado más dos  $z$  sobre  $r$  menos, paso todo lo que, voy a igualar la ecuación a cero, así que voy a pasar la parte de energía también a cero, digo, eh, a, al primer miembro, fíjense que acá lo que queda es el cuadrado, ¿está bien?

En el fragmento que sigue, el docente utiliza una expresión que requiere ser explicitada, para la que es necesario explicar qué significa y cuáles son las implicancias que tiene.

C8D11 P: *Ahora, eh, todavía tendríamos que cerciorarnos que, de todas  
7 maneras esta función se porte bien. En realidad no la u de raíz de ro, ni siquiera la u de ro sino la R de ro. Tiene que portarse bien. Portarse bien significa que, hay que acordarse que es una función de onda, y que se tiene que portar bien en los extremos. ¿Está bien?*

En el ejemplo siguiente, el docente explicita una *regla* que facilita el abordaje de ciertos problemas y que los que están iniciándose en el campo, desconocen. En este caso, el docente comparte un *saber* que, al explicitarse, facilita la comprensión y resolución de ciertos problemas.

C8D35 P: *Cuando uno resuelve un problema, cualquier problema en cuántica, salvo que sea un problema unidimensional más o menos pavo, pero cuando uno resuelve un problema en cuántica, tiene que resolver una ecuación de Schroedinger para algún sistema, lo primero que observa, al igual que en el caso clásico, se fija cuáles son las constante de movimiento. Porque de la misma manera que en el caso clásico, las constantes de movimiento le ayudan a uno mucho, le facilitan mucho la vida. ¿Está bien? Entonces, lo primero que vamos a hacer es encontrar las constantes de movimiento.*

El docente explicita supuestos vinculados a los modos de “hacer” ciencia y también de enseñarla, desvela ciertos procesos que, para los alumnos y alumnas, no son fácilmente reconocibles sin esta explicitación. Su inclusión da cuenta de la existencia de un conocimiento que construye estrategias para seguir desarrollándose: simplifica, construye atajos, se vale de otras disciplinas y lenguajes.

#### 4.9.2.2.2. *Legitimación del conocimiento*

Para legitimar el conocimiento en esta clase el docente apela, principalmente, a su autoridad como tal. Alude, en el primer ejemplo, a un científico, Niels Bohr, dando cuenta del camino por él desarrollado. Plantea el valor del proceso que llevó a cabo, a pesar de que haya seguido un camino

equivocado. Muestra que el conocimiento es fruto de construcciones no siempre lineales, ni "correctas". Aunque se equivocó en su planteamiento teórico, sus medidas son correctas, y las medidas que encuentren los estudiantes pueden parecerse a ellas. Entonces, ¿qué conocimiento se está dando aquí por válido? El de las medidas. Y es el docente quien está diciendo que ese es el conocimiento correcto. El profesor en un aula (en este caso universitaria), representa el conocimiento de una cultura y es una fuente de autoridad. Es él quien valida el aporte de Bohr.

C8D8 *P: Exacto, estoy hablando de Bohr, o sea, fíjense una cosa, Bohr resolvió  
5 el átomo de hidrógeno, ¿está bien? Lo resolvió y, si bien siguió un camino equivocado, llegó al resultado que conformaba muy bien con la experiencia.*

C8D8 *A: (Varios alumnos dicen cosas que no se escuchan).*

6 *P: Que las magnitudes que le aparecieron a Bohr tengan algo que ver  
C8D8 con Bohr, es más, que aparezcan de alguna manera. Entonces las  
7 vamos a buscar, porque seguramente van a aparecer. Porque insisto, por más que el resultado de Bohr era conceptualmente incorrecto, eh, cuantitativamente sí era correcto. ¿Está bien?*

En el ejemplo que sigue el docente muestra su dominio del tema y de las dificultades que supone el abordaje del contenido. Hace un señalamiento para ayudar a los alumnos en el proceso de comprensión, les pide que presten atención a un aspecto que, sabe, puede resultar complejo.

C8D1 *P: Del centro de masa, la energía del centro de masa. Digamos, es la  
9 constante de separación, pero en el caso que uno pueda separar partículas, uno puede pensar que ésta es la energía del centro de masa. Que no es la energía del núcleo, en principio. ¿Está bien? Porque, fíjense, uno no puede separar en energía del núcleo y en energía del electrón. Pero sí puede separar en energía del centro de masa y en energía de la partícula hipotética del núcleo ¿está bien? Con una pequeña salvedad, fíjense, la masa de un protón solo es aproximadamente 1.860 veces más grande que la masa de un electrón. Si además tengo  $z$  de estas masas y algunos neutrones por ahí, podría tener unos neutrones acá,  $m_2$  puede estar siendo algunos neutrones también, la masa del núcleo seguro es, por lo bajo, unas 2.000 veces, aproximadamente 2.000 veces más grande que la masa del resto.*

En el ejemplo siguiente, el docente plantea la necesidad de revisar una práctica de los alumnos que puede resultar conveniente para trabajar con el contenido que el docente está desarrollando:

C8D7 1 *P: Ustedes están acostumbrados a escribir en el sistema MKS pero el sistema MKS no es el que conviene para este tipo de problemas, o sea que en realidad piensen que la diferencia entre las expresiones que ustedes conocen y esta forma de escribir el potencial, es que este e cuadrado es igual a la carga que es  $q$  2 ¿sí? sobre 4  $\pi$  que es menos  $e$ . ¿Está bien? ...esta expresión se entiende más en el sistema MKS.*

El manejo de contenido por parte del docente (además del reconocimiento que supone ser docente del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA) posibilita que pueda acompañar los procesos de construcción de los alumnos, desde la autoridad que supone ese saber.

#### 4.9.2.2.3. Hablar ciencia

a. En esta clase se habla ciencia utilizando centralmente el *lenguaje matemático*. En el primer ejemplo se observa cómo, el docente, alude explícitamente a lo que supone la matemática misma.

C8D6 5 *P: Tengo tres números cuánticos que me van a fijar el estado del sistema. Bueno, entonces, vamos a ver esto  $\otimes$  en esta ecuación (1), 2), 3)), ahora sí ya vamos a escribir el potencial que interesa a este problema, que tiene este problema y vamos a empezar a resolverlo. [Borra el pizarrón] O sea, empezamos la matemática. Entonces, vamos a escribir nuestra ecuación de Schroedinger, la tenemos aquí arriba...*

En el siguiente fragmento, el docente señala la necesidad de dejar la física por unos instantes, para trabajar matemáticamente:

C8D7 9 *P: Ahora tenemos que abandonar la física un minuto y entonces resolver esta ecuación. A ver. Ya no nos queda más remedio que resolver esto.*

La matemática es herramienta necesaria para construir el conocimiento de la física, pero no debe confundirse con ésta. Comprender los fenómenos físicos supone ser capaz de reconocer esta diferencia.

Hablar ciencia en esta clase es también mostrar la riqueza conceptual de las matemáticas como señala la propia docente en la entrevista que se mantuvo con ella.<sup>24</sup>Para hablar esta ciencia es necesario hablar matemáticas:

*“Y, una buena explicación... esto es para pensar! Yo diría que una buena explicación es aquella, digamos, en la que uno puede llegar a sacarle todo el jugo conceptual, o sea que no es una cosa puramente matemática... y que no es puro blabla, sino que es un complemento entre las dos cosas. Que, digamos, sin descuidar la matemática, en eso soy medio estricta porque es la herramienta que uno va a usar y tiene que saber usarla bien. Pero cuando uno llega a un resultado, que a ese resultado uno pueda extraerle todo el jugo conceptual... cómo se juzgan o cómo se valoran que quede bien claro por qué las hace, que uno pueda justificar cada paso que da”.*

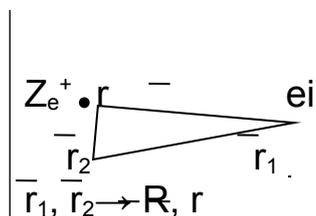
Los dos ejemplos que siguen dan cuenta de esta perspectiva. En el primero, la docente representa gráficamente aquello que está explicando.

C8D5 P:... *Exactamente, el potencial electrostático justamente depende de esta distancia, de esta coordenada relativa, ¿está bien? Así que es un sistema y esa coordenada relativa es el módulo de  $r_1$  menos  $r_2$ . O sea que este es un sistema que está acoplado. El movimiento de las dos partículas está acoplado. ¿Qué podemos hacer?*

C8D6 A: *Podemos pasar al sistema relativo.* (Los alumnos responden pero no se escucha lo que dicen).

C8D7 P: *Exacto. Podemos tratar de desacoplar este sistema, pasando de tener las coordenadas  $R_1$  y  $R_2$ , de resolver estas dos coordenadas... pasar a un sistema de tres coordenadas y de la partícula de masa  $q$  que tiene como coordenadas las coordenadas relativas de los dos.*

*Vamos a recordar que  $R$  va a ser igual a  $m_1$  por  $r_1$*



$$R = (m_1 r_1 + m_2 r_2) / m_1 + m_2 \rightarrow M$$

$$r = r_1 - r_2 \rightarrow M = m_1 m_2 /$$

<sup>24</sup>Ver Capítulo 3, Anexo B.

más  $m_2$  por  $r_2$  sobre la suma de las masas ¿está bien? Y  $r_1$  chico va a ser  $r_1$  menos. |  $m_1 + m_2$

Las ecuaciones se reconocen como una herramienta para comunicar gran parte de lo que los fenómenos físicos suponen. Se plantean como un lenguaje compartido entre docente y alumnos:

C8D47 P: De estas constantes de movimiento, yo tengo que extraer ¿qué? ¿Cómo lo llamamos la vez pasada? Yo lo que quiero es poder plantear la ecuación de todos los observables que comparten autofunciones, ¿está bien? Que comparten autofunciones.

$$\left. \begin{array}{l} \left[ \begin{array}{c} H, \\ H \end{array} \right] L_i = 0 \\ \Rightarrow L^2 \\ \left[ \begin{array}{c} H, \\ L_z \end{array} \right] L^2 \end{array} \right\} i = \left. \begin{array}{l} 1, 2, 3 \\ \\ = 0 \end{array} \right\} \text{CCOC}$$

Entonces, para poder obtener eso, digamos, 1 comparte autofunciones con el x, comparte autofunciones con el y, comparte autofunciones con el z, y comparte autofunciones con L cuadrado. ¿Está bien? Pero ¿qué pasa? El  $L_x$  con el  $L_y$  no comparten autofunciones,  $L_y$  con  $L_z$  tampoco comparten autofunciones, entonces tengo que encontrar el conjunto de observables que comparten las mismas autofunciones. ¿Cómo llegábamos a eso? ¿Se acuerdan?

El lenguaje matemático permite representar los fenómenos e ir más allá de lo que otros lenguajes permiten.

b. Para hablar ciencia, el docente desarrolla, también, una *explicación narrativa*: anticipa lo que va a ir desarrollando a continuación, marca la necesidad de ese desarrollo, las distintas posibilidades que pueden aparecer, las condiciones a aplicar.

En el primer ejemplo, narra los desarrollos de un científico, Niels Bohr, dando cuenta del camino por él desarrollado. Plantea el valor del proceso llevado a cabo, a pesar de que haya seguido un camino equivocado. Muestra que el conocimiento es fruto de construcciones no siempre lineales, ni “correctas”.

C8D8 P: Exacto, estoy hablando de Bohr, o sea, fíjense una cosa, Bohr resolvió el átomo de hidrógeno, ¿está bien? Lo resolvió y, si bien siguió un camino equivocado, llegó al resultado que conformaba muy bien con la

*experiencia.*

C8D8 *A: (Varios alumnos dicen cosas que no se escuchan).*

6 *P: Que las magnitudes que le aparecieron a Bohr tengan algo que ver*  
C8D8 *con Bohr, es más, que aparezcan de alguna manera. Entonces las*  
7 *vamos a buscar, porque seguramente van a aparecer. Porque insisto,*  
*por más que el resultado de Bohr era conceptualmente incorrecto, eh,*  
*cuantitativamente sí era correcto. ¿Está bien?*

Como se observa en el fragmento que sigue, el conocimiento se construye, los científicos aportan sus perspectivas, sus hipótesis, sus comprobaciones, sus métodos y explicaciones, pero es la comunidad científica la que, a lo largo de la historia, va desarrollando el conocimiento y lo legitima.

C8D12 *P: Ustedes dirán, todo el lío que hicimos, y Bohr, en dos renglones,*  
3 *obtuvo sus energías, bueno, en cuatro renglones obtuvo sus energías,*  
*¿sí? Pero ¿qué pasa? Conceptualmente la idea de Bohr estaba mal.*  
*Bohr planteaba órbitas estacionarias. Hoy sabemos que no podemos*  
*hablar de órbitas. ¿Está bien? No podemos hablar de órbitas*  
*justamente por el principio de incerteza. Así que, por más que su*  
*energía coincide, coincide con la energía, con la energía del átomo de*  
*hidrógeno, pero, pero digamos conceptualmente, Bohr partió de algo*  
*falso.*

El docente, va narrando la historia de logros y dificultades, que los científicos afrontan y la incluye como parte de los contenidos que presenta en la clase.

#### 4.9.2.2.4. *Construcción de modelos*

Comprender las explicaciones científicas supone reconocer los *procesos* propios de su construcción y las especificidades disciplinares que se ponen en juego. A lo largo de toda la clase, el docente va planteando las diferentes miradas que suponen la mecánica clásica y la mecánica cuántica. Si bien se trata de Física, es importante reconocer perspectivas propias de los diferentes modelos científicos y lo que cada uno implica. La perspectiva epistemológica que se asume da cuenta de estas diferencias. En todos los ejemplos reconocemos una manera particular de entender la ciencia y de “presentarla” a los alumnos. Aprender ciencia supone reconocer que ésta es fruto de una construcción

humana, al mismo tiempo supone que, diferentes miradas, implican modos de entender y pensarse diferentes: la física cuántica y clásica son un ejemplo claro de esta situación. Para poder comprenderlas hay que reconocer que son modelos diferentes y hay que aprender sus modos de pensar.

En el ejemplo que sigue, el docente plantea la perspectiva clásica y lo que supone la mirada “cuántica”. Lo hace a través de una sucesión de preguntas y respuestas de tipo IRE: él realiza una pregunta, y frente a la respuesta del alumno, reafirma o corrige si no es correcta.

C8D2 *P: ... Clásicamente, ¿qué hace el centro de masa? Es un sistema, aislado*  
5 *¿está bien? Un sistema con componentes aislados. O sea que se conserva ¿qué se conserva? Se conserva  $p$ , aparte de otras cosas, se conserva la energía, se conserva el momento angular, se conservan un montón de cosas. Pero se conserva  $p$ . Entonces ¿qué hace el centro de masa?*

C8D2 *A: ...*

6 *P: Se mueve con un movimiento rectilíneo uniforme. ¿Está bien? Bueno.*

C8D2 *¿Cuál sería el equivalente cuántico de eso? O sea, partícula libre. ¿Qué*  
7 *equivalente cuántico tiene?*

*A2: Onda plana.*

C8D2 *P: Onda plana, exactamente. O sea que lo que uno tendría que obtener*  
8 *acá si esto es equivalente a lo cuántico, es una onda plana.*

C8D2

9

En el fragmento siguiente, el docente plantea lo que se hace en mecánica clásica y lo recupera para pensar en la mecánica cuántica que es el objeto de estudio de la materia. Se apoya en una serie de preguntas retóricas para desarrollar esta explicación.

C8D7 *P: O sea, hicimos lo mismo que uno hace en física clásica. ¿Está bien?*  
1 *En mecánica clásica. ¿Qué hicimos? Reemplazamos la parte de la energía cinética ¿sí? Reemplazamos la parte, esta parte que es la parte de la energía cinética, lo reemplazamos por algo que tiene la pinta de un potencial. ¿Está bien? ¿Cómo llamamos a ese potencial? Digamos a algo que tiene la misma pinta.*

En ningún momento menciona la palabra “modelo”, pero alude a lo que éste supone: una proyección de la teoría al mundo. La constante contraposición de modelos permite a los alumnos ir confrontando sus propias concepciones vinculadas, en algunos casos, a la mecánica clásica y en otras al *sentido común*. Permite, además, mostrar a la ciencia como un conocimiento en construcción, en el que conviven visiones diferentes. Una posición que supera la perspectiva de las *revoluciones kuhneanas*.

En el ejemplo que sigue, se muestra también la perspectiva clásica para hacer un paralelo con la física cuántica.

C8D15 P: *Y solamente tenemos el potencial de Coulomb. Y eso marca una*  
5 *diferencia fundamental, ¿cuál es? Clásicamente, ¿qué pasa? La*  
*partícula, si tiene ene igual a cero, puede pasar por el centro de*  
*momentos, ¿sí?, en cambio si tiene ene distinto de cero, la barrera*  
*centrífuga se deprime, no puede llegar al centro de momentos. ¿Está*  
*bien? Clásicamente pasa una cosa similar. Cuánticamente pasa una*  
*cosa similar.*

Esta necesidad constante de mostrar las diferencias de la mecánica cuántica con la mecánica clásica, da cuenta del conocimiento que la docente tiene sobre las dificultades de comprensión que supone el aprendizaje de la primera. Los alumnos han aprendido a “pensar con” la mecánica clásica y deben reconocer las diferencias que implica una nueva perspectiva teórica.

# **1 CAPÍTULO 5: Discusión y Conclusiones. Cómo enseñan los buenos docentes de Física en la universidad**

## **5.1. Presentación del capítulo**

En este capítulo se sintetizan los resultados con los que este estudio ha contribuido al conocimiento sobre la enseñanza universitaria y, específicamente, sobre las prácticas discursivas de los buenos docentes de Física.

En primer lugar, se abordan los objetivos de la tesis, señalando los resultados obtenidos, las aportaciones específicas al campo de investigación, y las construcciones que surgieron de la interacción entre teoría y empiria a partir del proceso de análisis. Se desarrollan las interpretaciones realizadas en relación a cada uno de los objetivos y a los casos analizados.

En segundo lugar, se plantean algunas conclusiones generales que surgen del trabajo elaborado y que han sido posibles gracias al proceso de realización de la tesis, desde sus momentos iniciales hasta la fecha.

Por último, se señalan las limitaciones del trabajo, se plantea la contribución general del mismo y los nuevos interrogantes que abre.

## **5.2. Los objetivos planteados**

Es necesario destacar el propósito general de esta investigación que es el de describir, volver inteligible lo que realmente ocurre en las aulas, entender lo que los profesores hacen y no valorar su acción educativa a la luz de ciertos principios (Sánchez y Rosales, 2005). Los objetivos planteados entonces, se inscriben en esa línea y, por tanto, las conclusiones a las que se arriba dan cuenta del modo en que ciertas características y formas de enseñar se ponen en juego en las clases de Física de buenos docentes, en la universidad.

### **5.2.1. Primer objetivo: Describir las buenas prácticas de la enseñanza, tal como son llevadas a cabo por los buenos docentes.**

¿En qué consisten las buenas prácticas de los docentes observados? A partir del análisis de las clases nos encontramos con diferentes prácticas en la

enseñanza de la Física en la universidad y en el marco de las llamadas “clases teóricas”.

Una visión de conjunto de los datos aportados por este trabajo nos permite afirmar que en lo que se ha definido como buenas prácticas, los profesores:

- Generan un buen clima de trabajo a partir del uso de un lenguaje cercano a los alumnos, de la inclusión del humor, y de la presentación de los científicos como personas de carne y hueso y no como genios solitarios.

- Plantean preguntas de diferente naturaleza. Se trata de preguntas que los docentes incluyen en sus explicaciones posteriores. Estas preguntas, en ocasiones, también pueden ser parte del discurso del alumnado.

- Desafían explícitamente a los alumnos para que generen sus propias explicaciones y preguntas.

- Presentan la ciencia como un conocimiento en construcción.

- Desvelan ciertos supuestos que, si permanecieran implícitos, restarían *claridad* a las explicaciones.

- Legitiman el conocimiento desde la autoridad que les confiere su saber sobre la ciencia que enseñan y sobre los obstáculos que su aprendizaje supone. Asimismo, lo hacen también desde la apelación a los científicos y a la comunidad a la que pertenecen, pero desde una mirada crítica que no implica una mera aceptación del conocimiento construido.

- Convocan los saberes previos de los estudiantes utilizando diferentes recursos: desde la apelación a las experiencias compartidas en otras clases o materias, hasta la inclusión de metáforas o analogías que permiten hacer puentes con esos saberes para facilitar la construcción de un conocimiento generador.

- Hablan ciencia a través del desarrollo de explicaciones narrativas o dialogadas, usando términos del lenguaje coloquial o matemático, e incluyendo, en algunas oportunidades, la historia de la ciencia para presentar problemas.

- Presentan, en el 50% de los casos analizados, la modelización como una de las tareas centrales del investigador.

Algunas de estas características han sido estudiadas por otros investigadores, con relación a otros niveles del sistema educativo, y a otras disciplinas. Nuestro estudio nos permite, sin embargo, pensar en construcciones propias de la enseñanza de la física en la universidad, que se constituyen en modos propios, no excluyentes ni específicos, de desarrollar buenas prácticas, reconocidas por los alumnos (como le señalan en las encuestas ya referidas) y los

colegas<sup>25</sup>. Esto es, este estudio presenta datos novedosos y relevantes tanto por su contenido –caracterización de la enseñanza, recursos discursivos y patrones específicos–, como por las aportaciones metodológicas que se hacen. Dichos datos no son sólo significativos para la enseñanza universitaria, sino, específicamente, para la docencia de la Física en la universidad.

Presentamos, a continuación, algunas conclusiones respecto de las prácticas analizadas en función de los conceptos centrales que forman parte de la perspectiva teórica adoptada.

#### **5.2.1.1. Los sujetos del proceso.**

Los sujetos que participan en estas buenas prácticas, involucrados en la construcción del conocimiento, asumen diferentes roles y tareas en el proceso y son en todos los casos, agentes activos.

Los alumnos, aún cuando no hablen en la clase, ponen en juego sus esquemas, sus intereses, sus inquietudes. Éstos se evidencian en los comentarios y las preguntas que hacen y en las respuestas que dan.

Los estudiantes también pueden reconocerse como sujetos activos desde el lugar que los docentes les dan en la clase. En todas las buenas prácticas reveladas, los docentes buscan incluir a los alumnos en el proceso de construcción, en algunos casos, dándoles la palabra para preguntar, responder, comentar, reconociendo su capacidad de desarrollar hipótesis, resolver problemas, de articular nueva información con la ya existente, de asumir desafíos, de comprometerse en el proceso. En otros, utilizando recursos discursivos que apelan a los saberes de los alumnos, saberes que fueron contruidos previamente a partir del trabajo compartido, o que forman parte de los conocimientos que los estudiantes poseen como resultado de su paso por los distintos niveles del sistema educativo o por ser parte de una cultura determinada.

La construcción compartida del conocimiento se plasma en los procesos de interacción que se dan en estas clases, ya sea a través del diálogo (como ocurre especialmente en los casos 1, 2, 7 y 8), o del discurso dialógico que los docentes

<sup>25</sup> Sin que esto suponga, obviamente, que las categorizan o caracterizan utilizando esta terminología sino que reconocen a sus colegas como docentes que se preocupan y ocupan de que sus alumnos aprendan.

desarrollan, incluyendo a los estudiantes a partir de la utilización de recursos diafónicos.

Es importante caracterizar también a los profesores que llevan adelante estas prácticas. Tal como planteábamos en la descripción de los buenos docentes, conocen profundamente la disciplina que enseñan (tanto su estructura sintáctica como semántica), y las dificultades que algunos de sus conceptos o explicaciones tienen para el aprendizaje de los alumnos. También saben que su conocimiento es provisorio y acotado, y se observa a través de la utilización de recursos lingüísticos que muestran esta provisionalidad, con la apelación a la historia para dar cuenta de los cambios producidos o con la presentación de nuevas hipótesis, teorías o preguntas a responder desde la investigación. Son, por tanto, sujetos activos que reconocen esta misma condición en sus alumnos y la necesidad de “acción” para aprender (aunque no lo planteen en estos términos y no sea parte de sus “saberes explícitos” acerca del enseñar y el aprender).

Se apasionan por el saber que comparten. Hay algo que las transcripciones no permiten “ver” con claridad (aunque se planteen, por ejemplo, los cambios en la entonación), y es el compromiso con ese saber que presentan con entusiasmo. Dan cuenta de los desafíos que la investigación les propone y la riqueza explicativa que las teorías tienen. Comparten preguntas genuinas con los alumnos.

La construcción, además, es un proceso situado y por tanto asume diferentes formas y lenguajes de acuerdo a los interlocutores, y al “tiempo y espacio” en que se desarrolla. En los casos analizados que pertenecen a 4 docentes, las clases elegidas de cada uno de ellos corresponden a diferentes materias y grupos de alumnos. En 6 de los casos, se trata de alumnos de la carrera de Física, en 1, de alumnos de las carreras de Biología y de Geología y en el restante, alumnos del Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires que cursarán, en su mayoría, alguna de las carreras de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales o de la Facultad de Ingeniería. Si bien no encontramos diferencias sustanciales respecto de los recursos que utiliza cada docente<sup>26</sup> (un mismo docente pone en juego, en líneas generales, los mismos recursos en las distintas clases), las características que asume la enseñanza se vinculan con:

---

<sup>26</sup>En el siguiente apartado, al analizar el segundo objetivo de esta tesis, desarrollaremos con más detalle este aspecto.

- El nivel educativo en el que se desarrollan las clases, lo que supone saberes previos determinados y finalidades específicas.
- Los destinatarios: en el caso de los futuros físicos, por ejemplo, se busca que comprendan aquello que está “por debajo” (el nivel epistémico según D. Perkins), que puedan reconocer lo que se refiere a los fenómenos físicos y lo que supone la matemática como herramienta para ello; que se formen como investigadores, sabiendo que gran parte del trabajo es hoy multi, inter y, aún, transdisciplinar.
- Los docentes. Son interlocutores diferentes a los que solemos encontrar en otros niveles del sistema educativo y otras instituciones de educación superior: son investigadores reconocidos, que publican en revistas internacionales y para los que el conocimiento que enseñan es, en gran parte, fruto de su propia reflexión.

Es, por tanto, una característica central de estas buenas prácticas que los sujetos involucrados son, en el caso de los docentes, expertos en el contenido y sabedores de las capacidades de sus estudiantes (aunque no sea por estudios sistemáticos en psicología o didáctica). En el caso de los alumnos, no todos ellos están interesados en la Física como tal, ya que sus estudios no se dirigen específicamente a su formación en ese campo disciplinar y, sin embargo, las buenas prácticas dan cuenta de su involucramiento con el desarrollo de las clases.

#### **5.2.1.2. El lenguaje.**

La consideración del lenguaje para pensar las buenas prácticas en la enseñanza, ha abierto una cantidad importante de aspectos que suponen el reconocimiento del lenguaje, no sólo como “herramienta” para el aprendizaje, sino como contenido en sí mismo.

Tal como señalábamos en el Capítulo 3, el lenguaje ocupa un lugar central en la interacción que se da en las clases. El contenido se presenta a través del lenguaje principalmente oral, a cargo del profesor. Más aún, el contenido *se crea* en los intercambios comunicativos y se organiza a través de explicaciones, descripciones, preguntas.

Los docentes *hablan ciencia* pero también utilizan un lenguaje cercano a los alumnos que posibilita el acceso al conocimiento. Utilizan de una manera

particular los pronombres personales, usan los términos científicos y también generan puentes para facilitar la incorporación de los estudiantes a la “tribu académica” (Becher, 2001) que forman los físicos.

#### *5.2.1.2.1. Lenguaje coloquial.*

En cuatro de las clases analizadas, correspondientes a tres docentes diferentes, se hace un uso constante de términos vulgares, coloquiales, del “lunfardo”<sup>27</sup>.

Su utilización posibilita el acceso al conocimiento, no tanto porque los términos científicos tengan su correlato en este lenguaje coloquial o más “llano”, sino porque éste posibilita un clima de aprendizaje que permite el acercamiento de los alumnos al mundo de la ciencia. En vez de acentuar la “ajenidad” que supone el lenguaje académico (tal como plantean las “Normas estilísticas del lenguaje científico, cf. Capítulo 3), los acerca. Podríamos considerarla una de las *estrategias de aproximación* (Cros, 2003), relacionadas con la necesidad de reducir la distancia entre profesores y alumnos en clase para favorecer la buena disposición de los estudiantes hacia la materia y el docente.

#### *5.2.1.2.2. Uso de pronombres.*

En cinco clases, los profesores hacen un uso particular de los pronombres personales que acentúan la participación de los alumnos en ellas, en la construcción del conocimiento. Utilizan principalmente la primera y la segunda persona del plural. Este uso que ya fuera estudiado, entre otros, por los miembros del Laboratorio de Actividad Humana de la Universidad de Sevilla (Cubero, R., Cubero, M., Santamaría, A., de la Mata, M.), cumple no sólo la función de mostrar la continuidad entre diferentes momentos del proceso de enseñanza, sino la de incluir a los participantes en el discurso. Esta inclusión permite convertirlos en agentes de esa construcción, promoviendo su sentimiento de pertenencia a un grupo, no sólo como alumnos de una clase particular, sino como miembros de un colectivo que trabaja con el conocimiento científico, y focalizando su atención en aquello que el docente señala.

---

<sup>27</sup> El lunfardo es una jerga originada y desarrollada en la ciudad de Buenos Aires y su conurbano y de allí extendida en no muchos años a otras ciudades cercanas. Surgió durante la segunda mitad del siglo XIX con el gran aporte de las distintas inmigraciones, sobre todo la italiana; y con palabras de origen indígena, africano, y gauchesco, que ya había en la Argentina.

### *5.2.1.2.3. Con metáforas y analogías.*

Uno de los docentes plantea analogías en sus clases. Su uso posibilita la apelación a saberes previos que permiten comprender lo nuevo, recuperando lo ya construido.

En las clases de este docente las analogías aluden a diferentes “entidades”: objetos, situaciones, campos, tareas. Algunas de ellas son muy sencillas y van acompañadas de gestos y ejemplificaciones con los objetos referidos (hojas de papel que vibran al soplar en el Caso 3). No se encuentran con los problemas que las investigaciones han señalado en relación a que el análogo puede no ser suficientemente familiar para los alumnos o es más complejo aún que el blanco al que se quiere aludir.

En el caso de las analogías utilizadas por este docente para referirse al campo de la física y a la tarea de investigar, y que permiten humanizar la ciencia, nos encontramos con que algunos de los análogos pueden resultar un poco más ajenos. Por ejemplo, el que refiere a las relaciones humanas (de las que no sabemos qué tanta experiencia tienen estos, en su mayoría jóvenes, casi adolescentes aún). El concepto de “aventura” es también un tanto vago y ambiguo. Pero entendemos que se utiliza, no tanto para generar una visión análoga, cuanto para animar, invitar, desafiar a los alumnos a dedicarse a la tarea de investigar.

La analogía de la Física como un territorio a descubrir, urbanizar, habitar, es la más rica, la que permite una mayor cantidad de posibilidades en relación con la amplitud de aspectos que supone: las diferencias geográficas, el nivel de “urbanización” o no, el tipo de participación o presencia en ese espacio (¿habitante?, ¿visitante?, etc.).

El lenguaje metafórico, tal como planteamos en el Capítulo 2, se encuentra presente en el lenguaje cotidiano y en las clases universitarias, también se hace presente.

Si bien el lenguaje científico (es decir, el que utiliza los términos propios de la ciencia) es el que prima en estas clases, éstas no dejan de ser parte de una cultura que utiliza las metáforas para comunicar y comunicarse.

#### *5.2.1.2.4. Hablar para aprender.*

El planteamiento de J. Lemke nos permite reconocer el valor que hablar (y escribir) ciencia tiene para la comprensión y el aprendizaje de los alumnos. El uso del lenguaje, escrito u oral, por parte de los estudiantes, se considera un medio necesario para la construcción del conocimiento.

En las clases expositivas observadas, es importante destacar las diferentes posibilidades que los docentes dan a los alumnos de hacerlo. Ya sea por el tipo de preguntas que formulan, requiriendo en muchos casos que los alumnos respondan no sólo con palabras aisladas o con oraciones unimembres, sino que lo hagan con frases más largas (en las que es importante el “verbo”, poner los sustantivos y adjetivos en relación, explicitando qué los une o vincula), dándoles también la posibilidad de desarrollar sus ideas, sus dudas, dándoles el tiempo para que puedan hablar en clase.

Esta resulta una característica relevante para pensar las buenas prácticas cuando se trata de clases teóricas en las que la voz del docente es preponderante. Que existan estos espacios de expresión de los alumnos a través del lenguaje oral, muestra que es posible desarrollar “clases teóricas” en la universidad recuperando estos principios propios del aprendizaje de las ciencias.

#### *5.2.1.2.5. Hablar para enseñar.*

El lenguaje como medio de comunicación o para la “transmisión” de contenidos se pone en juego también en las clases como herramienta para construir autoexplicaciones y explicaciones compartidas. Más adelante desarrollamos el formato que adquieren estas explicaciones que usan el lenguaje oral como instrumento, lenguaje que es además acompañado en todas las clases por los dibujos y anotaciones que los docentes hacen en el pizarrón.

El lenguaje como acción, es además instrumento para pensar y para generar ciertas actitudes y actividades en los alumnos. Como se observa en las clases, el docente “presta” sus preguntas, sus explicaciones, sus modos de pensar, a los alumnos para que éstos puedan construir conocimiento. Reconocemos también, cómo el lenguaje promueve en los alumnos la realización

de ciertas tareas (tomar notas, responder, preguntar), moviliza sensaciones y sentimientos, al hacerlos reír, sentirse parte, protestar.

### **5.2.1.3. La enseñanza como género discursivo.**

La posibilidad de pensar a la enseñanza como género discursivo, tal como lo define y caracteriza Anna Cros (2003), nos permite reconocer algunos rasgos que asumen las buenas prácticas en las clases analizadas.

Por un lado, la orientación explicativa del discurso docente, que supone la consideración de los modos en que se gestionan los contenidos y participan los alumnos, se enriquece con los aportes de diferentes conceptos tales como: la explicación didáctica, la narrativa, el diálogo y los diferentes tipos de preguntas. Esta orientación nos remite al conocimiento que se enseña y a los obstáculos epistemológicos que puede presentar.

Por otra parte, la orientación argumentativa, que alude a los procedimientos empleados por el docente en relación con la interpretación, al significado de lo que se enseña, y a aquellos destinados a aumentar el interés y la implicación de los alumnos hacia lo que se enseña, así como hacia el docente mismo, da cuenta de algunos de los recursos que identificamos como elementos de las buenas prácticas en la enseñanza de la Física.

#### **5.2.1.3.1. Las explicaciones.**

Las explicaciones en la enseñanza no asumen una única forma, no tienen un único sentido, ni intentan responder a una única pregunta. Reconocer las diferencias entre los distintos tipos de explicaciones permite comprender las diferentes concepciones de ciencia, enseñanza y aprendizaje que suponen, y los modos en que se plasman las prácticas de la enseñanza universitaria de la Física.

Entre las buenas prácticas que pudimos reconstruir, encontramos algunas clases que son esencialmente *monologales*, con pocas intervenciones *explícitas* de los estudiantes y en las que el docente hace uso de preguntas esencialmente retóricas que dan al discurso un formato *interrogativo*. Las explicaciones que se desarrollan en estas clases asumen esencialmente un formato narrativo, de modo tal que van generando, a través del relato, una forma particular de presentar la ciencia y de involucrar a los alumnos.

En otras clases, donde también se presentan explicaciones narrativas, se encuentran intervenciones de los alumnos a partir de diferentes tipos de preguntas y respuestas que posibilitan otro tipo de prácticas, lo que denominamos “explicación dialogada”. Como plantearemos más adelante, el diálogo se constituye en un modo particular de construir las explicaciones en algunas clases.

La explicación narrativa está presente en siete de las clases observadas y la explicación dialogada en dos (en una de las clases se utilizan los dos tipos de explicación). ¿En qué consiste el primer tipo de explicación? El docente desarrolla un concepto, teoría o idea con un formato que remite a las características propias de una narración: hay personajes, trama, relaciones entre los personajes que se desarrollan a lo largo de la historia y que permiten arribar a un final (que a veces puede ser abierto).

Estas son explicaciones en las que la narrativa es estructurante. Más allá de la concepción de la narración como relato que puede incluirse en las clases, la explicación asume la forma de una narración. Esto nos permite reconocer buenas prácticas que, tal como expresan algunos investigadores, posibilitan a través de la narrativa la construcción del conocimiento, y lo hacen para enseñar Física en la universidad.

Dos de los docentes y de manera diferente, aluden a esta forma de enseñar. En un caso, desde el saber sobre la potencialidad que la narrativa tiene (Docente C). En otro (Docente B), desde el reconocimiento del valor que tiene, para el docente, *contar* aquello que le parece que es importante compartir con los alumnos. En este sentido, *habla ciencia* desde un discurso *narrativo* en el que va desarrollando la historia que quiere comunicar.

En estas explicaciones narrativas los personajes pueden ser seres humanos (en general los científicos que llevan o han llevado adelante una investigación) u otro tipo de entidades que se ponen en relación para dar cuenta de un proceso. Estas explicaciones se plantean en diferentes momentos de las clases para presentar distintos contenidos.

No hemos encontrado en los casos analizados una clase que asuma el formato narrativo como totalidad, es decir, que se convierta en relato desde el comienzo para plantear, al finalizar, el desenlace de la “historia”.

Antes de adentrarnos en las explicaciones dialogadas, nos parece importante recorrer algunas características de las explicaciones didácticas, que otras perspectivas teóricas desarrollan.

Tal como planteáramos en el Capítulo 3, existen diferentes abordajes respecto de las explicaciones, entre los queremos revisar los siguientes:

- Explicaciones basadas en las disciplinas, autoexplicaciones y explicaciones para la enseñanza.
- Explicaciones escolares, cotidianas y científicas.
- Los tipos de explicación desarrollados por Ogborn y colaboradores.
- Las explicaciones en la ciencia (la pregunta por las causas, las funciones, etc.).

Con relación al primer grupo de conceptos, podemos reconocer la existencia de los 3 tipos de explicaciones, aunque algunas de ellas, sólo en ciertos casos. Las *autoexplicaciones* aparecen planteadas explícitamente, en algunas clases (casos 3 y 7). Es importante reconocer qué lugar les dan los profesores teniendo en cuenta el foco de nuestra investigación que son los procesos de enseñanza que los docentes llevan adelante.

En el caso 3, el alumno plantea una pregunta al docente para la que va construyendo una explicación. Como no lo logra, el docente lo anima a volverlo a hacer y le va planteando algunas preguntas para ayudarlo a clarificar lo que está intentando explicarse y para lo cual necesita contar con algunas precisiones. El profesor le “presta” algunos elementos para permitirle la construcción. Es un ejemplo de andamiaje que posibilita que el alumno pueda organizar la información que posee y pueda entender cuáles son los datos que necesita para terminar esta construcción provisoria.

En el caso 7, encontramos un largo intercambio entre docente y alumnos que surge de la necesidad de construirse una explicación por parte del alumno y del andamiaje del docente para ayudarlo en el proceso (completando la

información, planteando las contradicciones, señalando los supuestos implícitos de la explicación que el alumno está intentando construir).

Las *explicaciones basadas en los campos disciplinarios* son las que los docentes enseñan en las clases (se plantean cuáles son las preguntas importantes, qué se acepta por evidencia, qué se reconocería como progreso o como hipótesis en un campo). En la mayor parte de los casos no se plantean explícitamente estos elementos, lo que permitiría dar cuenta de un modelo epistemológico particular. La validación está dada por el desarrollo mismo de la ciencia, al decir de L. Laudan (1986), ya que esto es en gran parte lo que diferencia a un conocimiento científico del que no lo es: la progresividad, la posibilidad de resolver los problemas que se presentan.

En un trabajo anterior (Eder, 2002), analizamos los diferentes tipos de explicaciones que se plantean en la ciencia (la pregunta por las causas, las funciones, etc.). En el marco de esta investigación, resulta interesante recuperar algunas de las conclusiones de aquel estudio, para analizar qué es lo que sucede en las buenas prácticas de la enseñanza cuando éstas se vinculan con las ciencias físicas y se llevan a cabo en la universidad.

En ese trabajo señalábamos que hablar de explicación puede remitirnos a tres preguntas diferentes en relación con lo que suponemos que una explicación puede responder: cómo (vinculado a lo descriptivo), qué (significado o condiciones de uso) y por qué (causas, motivos y/o razones).

A partir del análisis de diferentes modelos científicos, reconocimos el tipo de preguntas que cada uno de ellos pretende responder y que presentamos en la tabla que sigue.

Tabla 10

*Preguntas que responden los distintos modelos científicos*

<b>Qué</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo estadístico.</li> </ul>
<b>Cómo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo nomológico-deductivo. <i>Explicación hipotético-deductiva.</i></li> <li>• Explicación conceptual.</li> <li>• Explicaciones genéticas.</li> <li>• Explicaciones por comprensión o significación.</li> </ul>
<b>Por qué</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo nomológico-deductivo. <i>Explicación potencial</i></li> </ul>

	<p><i>Explicación causal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de explicación parcial.</li> <li>• Explicaciones funcionales o teleológicas.</li> <li>• Modelo pragmático</li> </ul>
<b>Para qué</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicaciones funcionales o teleológicas.</li> </ul>

Elaborado a partir de Eder, M.L. (2002). La explicación en la didáctica y la epistemología. En la enseñanza y en las ciencias. Trabajo final del Seminario de Doctorado *Epistemología de las ciencias*.

Estos modelos epistemológicos son construcciones que permiten comprender el abordaje que de los fenómenos a investigar hacen los distintos investigadores, sin que, la mayoría de ellos, los asuman explícitamente. Así como se enseña sin tener una concepción explícita sobre el proceso, también se investiga y se enseña sobre la investigación y sus resultados, sin tener necesariamente un modelo epistemológico definido.

Las *explicaciones para la enseñanza* son las que encontramos a lo largo de las clases cuando los docentes clarifican conceptos o procedimientos, los describen, cuando explicitan supuestos y plantean ejemplos o problemas para facilitar la comprensión.

Una buena explicación, de acuerdo a las investigaciones realizadas en el nivel primario y medio, tal como planteáramos en el capítulo 3, implica una serie de características que podemos reconocer, en su mayoría, en las clases analizadas (exceptuando claramente la que se refiere al desarrollo de clases prácticas con explicaciones complementarias).

<b>Característica</b>	<b>Ejemplos</b>
Se identifican los objetivos para los alumnos.	<i>P: Mi intención es contarles otro, otro ejemplo, que no es mecánico sino que es de tipo biofísico. Vamos a hablar de pajaritos. (...) Y lo que vamos a hacer es describir para estos pajaritos cómo se genera el canto. Y vamos a tratar de ver cómo lo vinculamos con estos comportamientos complicados que estuvimos estudiando hasta ahora. Lo primero que les quiero contar es cómo hace el pajarito para generar sonido. (Caso 3, Turno 5)</i>
Se supervisan y señala el avance hacia los objetivos.	<i>O sea que este signo, está representando la inhibición mutua. Inhibición mutua. Preguntas hasta acá respecto del modelo. ¿Está bien? ¿Seguimos? (Caso 3, Turno 30)</i>
Se presentan ejemplos sobre los conceptos analizados.	<i>Un pajarito para generar sonido utiliza un sistema, físico, muy parecido al que utilizamos los humanos cuando</i>

	<p><i>generamos sonidos voceados. ¿Qué es un sonido voceado? Es un sonido que ustedes perciben como una vibración cuando se tocan acá. Cuando dicen ssss, no sienten nada. Cuando ustedes dicen “aaaa”, sienten una vibración. Entonces, esos sonidos, los sonidos voceados, se producen cuando ustedes, hacen pasar aire entre las cuerdas vocales y las cuerdas vocales empiezan a sonar, a vibrar. (Caso 3, Turno 5)</i></p>
<p>Se vinculan los nuevos conceptos con nociones conocidas señalando los elementos familiares, ampliados y nuevos.</p>	<p><i>Yo hice un modelo fenomenológico para entender la dinámica de estos bichos. Entonces, si ahora hacemos el ejercicio de bifurcaciones correspondientes a la primera parte del curso y nos preguntamos por cuál es la dinámica de estos labios, podemos dibujar en el espacio de parámetros, de <math>k</math> y de <math>t</math>, dos de los puntos estacionarios, o sea las posiciones dónde son estables y dónde son inestables. (Caso 3, Turno 5)</i></p>
<p>Se legitiman los nuevos conceptos mediante principios ya conocidos por los alumnos, mediante la comparación con otros ejemplos y mediante la lógica.</p>	<p><i>Entonces el asunto es cómo se compara con el modelo. Y eso... Pero de esa manera es que se puede usar la dinámica, para tratar de obtener propiedades topológicas robustas de las soluciones, que constituye una predicción específica. (Caso 3, Turno 51)</i></p> <p><i>Entonces hoy en la práctica van a tener una introducción a eso, a través de ver cómo se genera con un mecanismo dado, órbitas periódicas. Después discutiremos, que es un detalle, cómo hacemos para caracterizar topológicamente. Existe un montón de libros... muy parecidos de lo que ven en Física 3, en teoría de nudos... Pero describir estos modelos topológicos es más fácil que darse cuenta que la topología es la herramienta más poderosa para comparar modelos creados en sistemas no lineales a diferencia como discutíamos el otro día... Que son tan sensibles... (Caso 3, Turno 53)</i></p>

Otro elemento que es importante destacar deviene de los trabajos que diferencian las explicaciones escolares, cotidianas y científicas. Señalábamos en el Capítulo 3 que las explicaciones científicas se presentan con frecuencia en términos de entidades desconocidas haciendo cosas poco habituales, y que el alumno es un extraño en un mundo desconocido.

En este sentido, muchas de las explicaciones que se plantean en las clases hacen referencia a las entidades (a los “personajes”) que las protagonizan. Gran

parte de las explicaciones se dedican a presentar a los protagonistas del relato, de modo tal que la historia sea más accesible a los alumnos.

La posibilidad de que los conceptos y teorías se transformen en herramientas *para pensar*, más allá de que sean entidades explicadas *sobre* las que se piensa y no *con* las que se puede pensar, no es fácilmente reconocible en las clases teóricas, que suelen abordar temáticas nuevas y en las que se considera que la resolución de problemas con los saberes construidos previamente es parte de las “clases de problemas”, “clases prácticas” o “laboratorios”. Es decir, suelen pensarse como dos momentos diferentes desde la propia organización curricular. Sin embargo, encontramos algunos ejemplos en estas clases, en las que los docentes invitan a los alumnos a proponer soluciones frente a ciertos problemas o a pensar desde el marco teórico que se está planteando en la clase o en la materia. Tal es el caso del docente D que les pide a sus alumnos (frente a una serie de preguntas que éstos formulan), que no piensen “clásicamente”, sino que se sitúen en la mecánica cuántica y traten de pensar desde ella.

En estas clases, entonces, los docentes no sólo plantean explicaciones de los fenómenos sino que proponen que estas explicaciones se pongan en juego para la comprensión de otras situaciones.

Entre los tipos de explicación desarrollados por Ogborn y col. (1998), reconocemos con claridad aquella en la que se denomina al docente como “narrador de cuentos”, ya que alude a la forma narrativa que asumen muchas de las explicaciones didácticas. Un segundo tipo que estos investigadores reconocieron en la educación secundaria es la que surge de recoger y reorganizar lo que los alumnos aportan y se denomina “vamos a pensarlo juntos”. Este tipo de explicación supone que en la clase se dan espacios para que los alumnos propongan explicaciones, lo que en el caso de las clases observadas no suele ser una práctica común. Sin embargo, hay dos clases en las que el docente desarrolla una propuesta que se acerca a esta perspectiva: no solicita explicaciones, pero pide a los alumnos que propongan formas de abordaje a algunas problemáticas. En algunos casos, las plantea como soluciones posibles que coexisten y tienen que ver con las formas posibles de resolver un problema concreto. En cambio, en otras clases (como las del profesor A) retoma los aportes de los estudiantes, los cuestiona, los jerarquiza o articula, para dar lugar a una explicación más completa.

Los otros dos tipos de explicación se reconocen también en las clases, cuando el docente le pone nombre o “traduce” ciertas palabras para adecuarlas a la disciplina (“Dilo a mi manera”) o cuando (especialmente en los casos 6, 7 y 8), pide a los alumnos que piensen de acuerdo a cierto paradigma (“Míralo a mi manera”), como observamos en los dos ejemplos que siguen.

*P: Estamos en cuántica. ¿De acuerdo? No pienses clásicamente. En cuántica lo único que puedes definir son probabilidades. ¿Está bien? Densidad de probabilidad de encontrar dos partículas en el espacio. Si me hablas de una velocidad, me tenés que hablar de una velocidad promedio, pero no me hables de velocidad constante o de partículas... (Caso 7, turno 198).*

*P: En realidad esta historia de que la  $\omega$  no cambia, es una aproximación clásica, porque en relatividad cuando una partícula adquiere una velocidad importante, importante significa comparable con la velocidad de la luz, hay que usar la mecánica relativista y lo que nosotros hemos usado hasta acá es la mecánica no relativista. (Caso 6, turno 1).*

#### 5.2.1.3.2. El diálogo.

En las clases analizadas, encontramos un tipo de explicación que es fruto del diálogo entre docente y alumnos. Para comprenderla en profundidad, es importante destacar algunos rasgos propios del diálogo como tal.

En estas buenas prácticas que incluyen el diálogo en las clases, se reconocen las características esenciales que éste posee:

- Cuentan con al menos dos interlocutores, uno de ellos estable, el docente, los alumnos (algunos de ellos), y en varias oportunidades, interlocutores que no están personalmente presentes, pero que dialogan con el docente y los estudiantes. Es el profesor quien trae esas voces, desde un nombre propio, desde conceptos o teorías que pone en consideración. La polifonía se reconoce en las clases (Werstch, 1993; Cross, 2002, 2003) y se pone en juego en las explicaciones.

- El *clima de participación abierta* que requiere el diálogo se reconoce particularmente en algunas de estas clases, en las que los alumnos preguntan y responden, comentan, proponen, cuestionan. Esta participación sin embargo, se da en el marco de lo que supone una clase, es decir, con la existencia de una

relación asimétrica, y por tanto, en la que las decisiones están en manos del docente. La idea de *diálogo igualitario* que se plantea desde la perspectiva del aprendizaje dialógico, se ve matizada por lo previamente planteado. El diálogo en el marco de una clase, y en particular de estas clases expositivas en la Carrera de Física en la UBA, suele plantearse desde la asimetría propia de la relación docente-alumno y, por tanto, puede desarrollarse porque el profesor da lugar para que suceda.

- El *espíritu de descubrimiento* que implica un diálogo se refleja en muchos momentos de estas clases en los que, por un lado, los alumnos buscan comprender, reafirmar si el proceso que están realizando es adecuado, y si el docente puede explicar, con los conceptos que plantea, algunas preguntas que genuinamente se hacen. Por otro, el docente de estas clases trata de reconocer si los estudiantes van siguiendo las explicaciones, si pueden “ver” la potencialidad de ciertas teorías, si esas teorías pueden ayudarlos a entender y a construir nuevo conocimiento. En algunos casos, los docentes comparten también sus propias búsquedas y las ponen en consideración de los alumnos.

- *Compromiso con el proceso* es otra de las características del diálogo. En estas clases se puede reconocer el interés y el respeto por la palabra de cada interlocutor.

- Desde el aprendizaje dialógico, se plantean también una serie de principios que remiten a una concepción de educación como herramienta para construir una sociedad más democrática. Esta visión referida principalmente a los niveles de educación básica, tiene algunos elementos valiosos para analizar la educación superior. En la Universidad de Buenos Aires, gratuita y sin cupo, se entiende que la formación universitaria debe ser accesible a toda la población, sin embargo, el saber que se *distribuye*, -al menos en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-, es fruto de la investigación de la comunidad científica y como tal no se negocia, no se alude en las clases observadas a necesidades de la población ni de los propios alumnos. Por otra parte, la explicitación constante de supuestos en la mayoría de las clases analizadas permite pensar en el valor de hacer accesible ese conocimiento a los alumnos, en no ocultar ciertos saberes que pueden obstaculizar el aprendizaje, y cuyo dominio es central y forma parte de cierta cotidianeidad propia del trabajo con el conocimiento científico que realizan los investigadores.

Hay también algunas situaciones de interacción que se dan en las clases, que pueden considerarse como diálogo en un sentido estrecho: son aquellas que algunos autores plantean como diálogo triádico. El carácter exploratorio, de

búsqueda, se limita a encontrar aquello que el docente, en la secuencia IRE, requiere como respuesta.

Entre los tipos de diálogo reconocidos en las clases, encontramos los que Lemke (1997) denomina:

- Debate profesor-alumno o diálogo de cuestionamiento de alumno: en varias oportunidades son los alumnos los que inician el diálogo, en todas las oportunidades con el docente como interlocutor.

- Diálogo a dúo: muchas veces los diálogos son entre el docente y uno de los alumnos, que está intentando comprender una idea o plantear una duda o proponer otra perspectiva.

- Diálogo verdadero: encontramos también algunas interacciones que responden a este tipo de diálogo que es iniciado por el profesor o por alguno de los alumnos, a partir de preguntas genuinas.

Si recuperamos la categorización planteada por N. Burbules (1999), encontramos básicamente el diálogo como indagación y como enseñanza. La concepción acerca del conocimiento es esencialmente convergente: se trata del conocimiento científico que, si bien es provisorio y está en construcción, es el producto de una comunidad científica que llega a ciertos consensos. La divergencia, en el sentido del reconocimiento de que los enunciados son “irremediabilmente plurales” se ve matizada por el reconocimiento de que esa pluralidad tiene que ver con enfoques o abordajes diferentes y, en la mayor parte de las clases analizadas, se asume uno de los abordajes posibles para su desarrollo, explicitando esta situación.

En algunas ocasiones, existe una orientación inclusiva, generalmente respecto del docente: se le da una cuota de verosimilitud a lo que dice. No así cuando las afirmaciones son planteadas por los alumnos. Aparece en general una orientación crítica, se pide evidencia, coherencia lógica en las afirmaciones que se realizan.

Contrariamente a lo que se esperaría de las clases “teóricas” universitarias, el diálogo se hace presente en las buenas prácticas de la enseñanza de la Física. Es parte constitutiva de la mitad de las clases analizadas. En ellas podemos reconocer, a partir del número de turnos<sup>28</sup>, que el intercambio es esencial para el

---

<sup>28</sup>Caso C1A: 388 turnos.

Caso C2A: 155 turnos.

Caso C7D: 355 turnos.

desarrollo de la clase. En el 50% restante, el diálogo aparece en ciertos momentos y, en su mayoría, a partir de la intervención de los alumnos (ver casos 3, 4, 5 y 6).

#### *5.2.1.3.3. Las preguntas.*

Uno de los recursos presentes en todas las clases analizadas, es la pregunta. Su presencia constante en las clases da cuenta del valor que tiene como parte de las buenas prácticas. La pregunta le da un carácter particular al discurso, y se vincula, por un lado, con una visión del conocimiento como provisorio, que puede ser cuestionado, revisado. Por otro lado, posibilita un modo de construcción a partir de la interacción que supone que los distintos actores de la clase aporten información (correcta o no), dudas, alternativas. En estas clases se formulan una variedad de preguntas, la mayor parte de ellas por parte del profesor.

De acuerdo al nivel de pensamiento que intentan estimular y al nivel de complejidad que representan para los alumnos, se encuentran en las clases:

- Preguntas sencillas, de comprensión, dirigidas a provocar abstracciones o teorizaciones, que exigen interpretar, predecir, evaluar críticamente.
- Preguntas que remiten a la diferenciación o análisis, aluden a una reflexión más profunda en torno a causas, consecuencias, relaciones, orden y prioridades, hipótesis y posibles soluciones.

De acuerdo con los fines que persiguen, en las clases observadas encontramos preguntas que se plantean con propósitos diversos: recuperar un conocimiento previo, centrar la atención en el alguna problemática específica, fijar el propósito de la clase o de alguno de sus momentos, guiar o promover ciertos procesos cognitivos.

Si consideramos su forma, podemos reconocer, en todas las clases, preguntas retóricas. En algunas clases encontramos también preguntas de elicitación y preguntas reactivas. No se plantean preguntas totalmente abiertas.

Si consideramos el sentido de las preguntas, podemos reconocer preguntas aparentes y auténticas. Preguntas que contrariamente a lo que se suele plantear en las clases, son preguntas que el docente hace (y se hace) para las que

realmente no tiene respuesta. Se trata de preguntas dirigidas a mantener la atención en el relato o para señalar campos futuros de investigación. Aparecen también en boca de los alumnos. Éstos, en general, hacen preguntas sobre las que no conocen la respuesta, pero en muchos casos, son preguntas para pedir aclaraciones sobre lo que el docente ha dicho o ha escrito en el pizarrón o que aluden a saberes previos que no tienen “disponibles” y que resultan necesarios para comprender la explicación del profesor.

#### *5.2.1.3.4. Legitimación.*

Los estudios acerca del modo en que se legitima el conocimiento en el aula aluden centralmente a los siguientes procesos y recursos: la argumentación, la búsqueda de consenso, las analogías, la evidencia perceptiva, la autoridad de especialistas.

Cuando se trata de la enseñanza universitaria, los recursos más utilizados remiten a la argumentación y a los diferentes tipos de invocación. En las clases analizadas, ésta se vincula esencialmente con la invocación a la autoridad que surge del conocimiento científico que los docentes manejan (y además de la presentación o relato de experimentos), su experticia en la investigación y también en la docencia. También aquella que remite a la experiencia o al conocimiento experiencial del docente y del grupo de clase.

Indudablemente, cuando se trata de la enseñanza de las ciencias, la legitimación está presente en todas las clases y las diferencias se encuentran en cuál es la fuente para legitimar el conocimiento. En la mayoría de las clases analizadas, nos encontramos con que suele haber más de una fuente y que, aún en los 2 casos donde sólo hay una, ésta adquiere cierta complejidad.

La autoridad docente, en el caso de estas clases analizadas, está vinculada a docentes que adquieren esta autoridad porque para ser docentes (profesores responsables de una asignatura) en la universidad, existe un reconocimiento de la formación y de la producción científica de dicho docente. Es una autoridad que responde al conocimiento disciplinar, al conocimiento sobre la enseñanza de ese saber en lo que se refiere particularmente a su complejidad, a los obstáculos que presenta para su aprendizaje y también a las “aplicaciones” que su dominio posibilita.

La referencia a científicos relevantes como única (o principal) fuente de legitimación, en una de las clases analizadas, tiene que ver con un científico en particular, Isaac Newton, que tiene tal peso en la construcción de la Física, que es inapelable. Es además quien da sustento a las materias básicas de la carrera y por tanto, referencia esencial de las mismas.

#### *5.2.1.3.5. Humor/clima.*

Hemos reconocido también, como elementos de las buenas prácticas de la enseñanza de la física, algunas estrategias que posibilitan el compromiso de los alumnos con el proceso de las clases. Por un lado, el uso del humor y la creación de un clima de aprendizaje que posibilita este compromiso y un acercamiento de los alumnos al contenido y al docente que lo “transmite”. Y por otro, las diferentes formas en que se legitima el conocimiento de modo tal que los alumnos lo consideren válido y valioso.

“Una de las formas más directas y efectivas de aumentar la proximidad y de conseguir una buena relación en clase consiste en generar un sentimiento de complicidad” (Castellà y otros, 2007, p. 69) y para ello, las estrategias más utilizadas son la implicación de los estudiantes, el feed-back positivo y el humor.

El implicar a los estudiantes desde la perspectiva señalada por estos autores, tiene que ver con el interés, la convicción y la pasión por lo que enseñan que los docentes transmiten. En esta tesis hemos encontrado otras estrategias para implicarlos: cierto tipo de preguntas, los desafíos y provocaciones, un uso particular de los pronombres personales, un lenguaje coloquial para hablar ciencia y acercar a los alumnos a ella, y la presentación de los científicos en el discurso de modo tal que se reconozcan como seres de carne y hueso, con errores, sueños, deseos, “suerte”.

Estos recursos, junto con la presencia clara del humor (y la ironía), crean un clima de trabajo que posibilita el aprendizaje.

En todas las clases, los docentes hacen uso de alguno de los recursos para generar este clima positivo y en particular, en 3 de las 8 clases, se incluye el humor.

Tomando como referencia la perspectiva de Kanovich, en las 3 clases analizadas en este trabajo en las que encontramos la utilización del humor, éste se presenta a través de comentarios ocasionales, chistes, algunas imitaciones y metáforas que causan gracia.

En todas ellas para cumplir con la función de generar un clima relajado en las clases y en menor medida para promover el pensamiento crítico. Aunque, es importante señalar, no tenemos información respecto de si esa era la intencionalidad de los docentes.

Si tenemos en cuenta las categorías propuestas en la investigación citada, en las prácticas de enseñanza que incluyen el uso del humor en la enseñanza de la física, éste es esencialmente uno de los recursos para involucrar a los alumnos en las clases dando lugar a un clima de trabajo agradable, que posibilita la construcción compartida. No encontramos ejemplos, en las clases analizadas, del humor como detonador del pensamiento crítico.

#### ***5.2.1.4. Concepción epistemológica de los docentes.***

La concepción epistemológica del docente, explícita o implícita, se pone en juego en las clases, ya sea por la manera en que se plantea el conocimiento (cerrado, en construcción, incierto, explicando la realidad, etc.), y la forma en que se construye o por cómo se presenta a sus “constructores”.

Tal como se observa respecto del método, de la modelización, y de las visiones de ciencia que desarrollamos a continuación, los profesores universitarios cuyas clases analizamos, son protagonistas del proceso de hacer ciencia. El ser investigadores se manifiesta en el discurso del aula y su visión epistemológica se ve implícita y explícita en las clases, y tiene que ver con el hecho de que son docentes que investigan.

##### *5.2.1.4.1. Qué ciencia.*

En todas estas buenas prácticas la ciencia se presenta, también, a partir de diferentes recursos, con las características que señalamos en el Capítulo 3.

La ciencia se plantea como una actividad humana y por tanto, se presentan a los investigadores de distintas maneras: ya sea incluyéndolos con nombre y

apellido o relatando las problemáticas que aparecen cuando personas de carne y hueso desarrollan la investigación.

Se presenta la ciencia como un conocimiento en construcción, que supone el trabajo de personas y colectivos, y que no siempre se desarrolla por caminos sistemáticos y racionales. Hoy en día, el reconocimiento de la ciencia como actividad compleja y abierta a lo imprevisto, se muestra en las clases que abordan los desarrollos más actuales. En casi la mitad de las clases analizadas se enseñan conceptos vinculados con la mecánica clásica y se presentan en este caso, desde la vigencia que tienen, de su potencialidad explicativa, dando cuenta de que en la ciencia coexisten miradas diferentes que es necesario reconocer, explicitando las razones por las cuales es importante seguir investigando y generando nuevas perspectivas. Los docentes no lo plantean en términos epistemológicos, aludiendo a modelos metateóricos, sino desde la práctica misma de la investigación de la que ellos son protagonistas.

Las perspectivas actuales que reconocen la complejidad, la necesidad de la apertura a lo imprevisto y del uso de metodologías transdisciplinarias se ven reflejadas en las clases que plantean los desarrollos de las investigaciones en los sistemas no lineales, que suponen el trabajo en colaboración con otras disciplinas.

La perspectiva de Giere (1992), que plantea la necesidad de que se reconozca un sentido para el desarrollo del conocimiento, nos muestra el valor de los señalamientos que hacen los docentes en las clases. En casi todas ellas los docentes explicitan cuál es ese sentido: explicar ciertos fenómenos, predecir otros, posibilitar el desarrollo de ciertas técnicas o tecnologías, posibilitar la comprensión de ciertas situaciones y la construcción de nuevos conocimientos.

Nos preguntábamos también en el Capítulo 3 de qué manera la Teoría de Caos, el principio de incertidumbre, se ponían en juego en las clases, tanto en lo que respecta al contenido, como a la estrategia. Nos planteamos de qué forma esta nueva perspectiva científica influye en las prácticas de la enseñanza. En las clases analizadas no encontramos referencias explícitas, ni siquiera en aquellas que se corresponden a materias que se refieren a los desarrollos más actuales de la física en términos de corrientes (la mecánica clásica sigue dando lugar a nuevos desarrollos).

Una de las formas de presentar la ciencia haciéndola un conocimiento accesible, supone la explicitación de una serie de características que pueden, de no explicitarse, dificultar la comprensión. Es así que en las buenas prácticas, se plantean constantemente aquellos aspectos que Perkins (2010) incluiría dentro del *juego oculto*. Se explicitan, clarifican, destacan supuestos y convenciones lingüísticas, epistemológicas, cognitivas, formas particulares de abordar los problemas que son parte del saber del experto en este contenido.

En relación a las visiones de ciencia de los docentes, que fueron sistematizadas por Gil Pérez (1993), nos encontramos con perspectivas que claramente las contradicen:

<b>Visiones de los docentes acerca de la ciencia</b>	<b>Ejemplos de las clases que se contraponen a esas visiones</b>
Empirista y ateórica	<i>P: No era mi intención contarles este experimento, pero es importante, este, dejar bien, bien en claro que, realmente, la alternativa última, digamos, la de convencerse, de que la forma en que se propaga la luz está bien, sale de la teoría del electromagnetismo, está bien y es como es, y es en el vacío. (Caso 2 turno 13)</i>
Rígida	<i>P: ... ¿qué hicimos nosotros para construir el modelo éste? Fenomenología pura y lápiz. Es decir, apostemos a que con la dinámica global de núcleos va a andar. Pero no existe ninguna manera de justificar estos modelos que utilizamos nosotros, a partir de un promediado de soluciones que... Esto es porque nos falta la mecánica estadística para sistemas no lineales. Hay que ir a la fenomenología y apostar a que uno está mirando donde está el error. ¿Por qué pudimos validar o refutar este sistema? Porque tuvimos suerte. (Caso 3, turno 85)</i>
Aproblemática, ahistórica	<i>P: Entonces, entran en el conflicto, entran en el conflicto, o sea, aceptado esto, entran en conflicto, el principio de relatividad y las leyes de Galileo, como mencionamos la clase pasada. (...) para otra fuerza. ¿No? Entonces, al poner acá cualquier proceso físico, (...). ¿Está bien? Muy bien, por supuesto, hoy en día ponemos acá cualquier proceso físico y no electromagnético porque son cien años de teoría de relatividad y realmente, por lo menos todo lo que hay, de todo lo que sabemos cosas, lo hacemos coherente con la relatividad especial. Pero entonces, tenemos que aceptar que las transformaciones de Galileo no son las correctas para describir una realidad en la cual nuestros dos postulados se</i>

	<i>aplican, por la sencilla razón que discutíamos la clase pasada, de que las transformaciones de Galileo llevan a la adición de velocidades tradicional, que por lo tanto es incompatible con el hecho de que la velocidad de la luz sea la misma en cualquier sistema. (Caso 2 turno 13)</i>
Exclusivamente analítica	<i>Hay pistas de cómo avanzar para tres. Pero después no tenés herramientas como para validar por ejemplo los experimentos. O sea cómo se hace con un sistema que realmente utiliza las cuatro dimensiones para comprobarlo como experimento, y no sabemos. Tan poquito podemos avanzar. Ese también es un campo completamente abierto. También se pueden hacer proyectos específicos, se pueden hacer flujos de... y tratar de estudiarlos y tratar de estudiar sus bifurcaciones, tratar de hacer... Pero para problemas de dimensión 4, a nosotros, los científicos naturales, de última, lo que decía del problema de cómo validar o refutar el experimento, nadie lo sabe. (Caso 3, turno 75)</i>
Acumulativa, lineal	<i>P: En este lugar no sabemos qué es lo que pasa. Tiene un montón de preguntas interesantes. Acá por ejemplo, como decíamos antes, está la neurociencia computacional. Acá por ejemplo uno pone muchas unidades excitables y trata de imaginarse qué es lo que pasa y no tienen ni idea. Las preguntas son fascinantes. Cualquier pregunta de psicología cognitiva como las que discutía Mariano en la charla a la que fuimos cuando hicimos la pausa, pasa por ahí. Problemas en el cerebro, sistemas nerviosos en general, y demás. Cómo se comportan sistemas no lineales, muchos de ellos acoplados, es una gran pregunta. (Caso 4, turno 58)</i>
«Sentido común»	<i>P: Como les decía antes, lo único que podemos aspirar nosotros por ahora, es agarrar algún sistema en particular, estudiar una propiedad particular y tratar de estudiar ecuaciones promediadas y demás. ¿Cómo hacer esto sistemáticamente? ¿Cómo se trabaja en un sistema en donde cada una de las unidades puede dar bifurcaciones y demás? Es un problema completamente abierto. Y yo pienso que se puede motivar, más allá de la anécdota, de la pregunta particular, un trabajo teórico mucho más intenso. (Caso 4, turno 62)</i>
«Velada», elitista	<i>P: Esto no tiene ningún secreto, se hace como lo hacíamos en el curso, proponiendo para los reales a, una constante por u, b, la constante, por u, el tiempo igual a una constante por el tiempo, etc. Esto nos va a sacar de encima a todos los coeficientes posibles... de los signos. Entonces si uno tuviera que representar estas ecuaciones, desde el punto de vista conceptual, estas ecuaciones conceptualmente las podemos escribir de la siguiente</i>

	<i>manera. (Caso 4, turno 11).</i>
Individualista	<i>P: Y en general unos puede rotularlos así psi sub ene, ele, eme. Sin embargo, la gente que trabaja con estas cosas, en general por ejemplo los espectroscopistas, los químicos, gente que hace molecular, gente que hace atómica, etc., etc., rotula a estos estados de acuerdo, dándole digamos, dándole un cierto nombre, dependiendo del valor de ele. (Caso 8, turno 153)</i>

La única visión para la que no encontramos contraejemplos es la descontextualización. No reconocemos ningún elemento que pueda plantear a la ciencia como socialmente neutra, ni tampoco la referencia a situaciones concretas, a problemáticas situadas.

#### 5.2.1.4.2. La Historia de la ciencia.

La Historia de la Ciencia se considera una herramienta para comprender el proceso de construcción del conocimiento y la forma en que se plantean los problemas de investigación (Brush, 1991; Gil Pérez, 1993).

La posibilidad de incluir a la historia como herramienta para la reflexión sobre los procesos de construcción, requiere de ciertos recaudos para que no se convierta en un contenido fragmentado, separado de los conceptos científicos que se proponen ser enseñados. Es importante que el relato histórico no se convierta en una anécdota que da *color* a la clase, pero que no genera nuevas preguntas o alternativas de abordaje

Hay pocas referencias a la historia en las clases analizadas y, si bien se mencionan científicos de épocas anteriores, el uso que se hace de la historia se vincula con la posibilidad de reconocer problemas a resolver. En los dos ejemplos que siguen -con relación a la existencia del éter y a la diferencia entre un resultado cuantitativamente correcto pero que conceptualmente no lo era-, se plantea la necesidad de resolver las problemáticas que surgieron en esos momentos históricos y que dieron lugar a desarrollos científicos valiosos.

*Por ejemplo, los que hicieron experimentos más refinados, que son Michaelson y..., pensaron que tal vez lo que estaba ocurriendo, que sí, que la Tierra se mueve en este... Pero si hubiera viscosidad en el éter, la Tierra se movería... De manera que en nuestro laboratorio, estaría en reposo no respecto de este universal, sino respecto de esta capa adherida y esa capa bajo las leyes de*

Maxwell. Entonces Michaelson dijo, hagamos un experimento... esa capa seguramente se va desprendiendo de la Tierra, si yo me voy más lejos de la superficie, la capa va a empezar a desprenderse y algo voy a ver ahí. También se hicieron experimentos a cierta altura. Nunca pasó nada. Bueno, entonces la situación era de gran incomodidad y lo que tenemos que hacer es buscar otra respuesta a esta situación. (Caso 6, turno 5)

C8D8 5 P: Exacto, estoy hablando de Bohr, o sea, fíjense una cosa, Bohr resolvió el átomo de hidrógeno, ¿está bien? Lo resolvió y, si bien siguió un camino equivocado, llegó al resultado que conformaba muy bien con la experiencia.

C8D8 A: (Varios alumnos dicen cosas que no se escuchan).

6 P: Que las magnitudes que le aparecieron a Bohr tengan algo que ver  
C8D8 con Bohr, es más, que aparezcan de alguna manera. Entonces las vamos  
7 a buscar, porque seguramente van a aparecer. Porque insisto, por más que el resultado de Bohr era conceptualmente incorrecto, eh, cuantitativamente sí era correcto. ¿Está bien?

Tal como se plantea en algunas investigaciones actuales (Izquierdo, 1996; Matthews, 1994), la historia puede utilizarse como contenido o como recurso. En el primer caso, para trabajar sobre la naturaleza de la ciencia (qué es, qué dice y cómo lo hace) y en segundo lugar, como recurso didáctico por su potencialidad para favorecer el aprendizaje y el cambio de representaciones. Puede presentarse a través de una narración mostrando un recorrido histórico, presentando una situación problema, un experimento clave o a través de citas.

Desde esta perspectiva, coincidimos en reconocer a la historia como contenido y recurso, en tanto *muestra* una perspectiva sobre la ciencia, como conocimiento en construcción.

#### 5.2.1.4.3. El Método.

¿De qué manera “el método” científico se pone en juego en estas buenas prácticas? Tal como plantean algunas investigaciones ya referidas previamente, se han reconocido en clases de ciencias algunas visiones acerca del método, que no hemos encontrado en las clases analizadas. En esos trabajos se plantea que el método se presenta como una serie de pasos necesarios y suficientes para alcanzar el resultado; se vulgariza y mecaniza el experimento, convirtiendo la

ciencia en un sinónimo de actividad de laboratorio; se utilizan los experimentos para demostrar una teoría o un postulado, para ilustrar o ejemplificar un determinado modelo teórico (no para poner a prueba las hipótesis, para contrastar el modelo).

Presentamos a continuación, algunos ejemplos que contradicen estas afirmaciones:

<b>Visiones acerca del método científico</b>	<b>Ejemplos de las clases que se contraponen a esas visiones</b>
Método como una serie de pasos necesarios y suficientes para alcanzar el resultado	<i>P:Entonces, imagínense ustedes, trabajando profesionalmente en un modelo donde aplicaron 200 millones de cosas y ahora se dan cuenta que no se pueden hacer predicciones.(Caso 3, turno 51)</i>
Vulgarización del experimento	<i>P: Cómo construir observables que permitan refutar o validar modelos, sin sacarnos de encima el paradigma de qué podemos predecir exactamente el comportamiento de lo que va a ocurrir. Y esto que les estoy mostrando hoy, es un ejercicio en esa dirección. De repensar no sólo topológicamente... y después ir a comprobarla con un experimento, es una estrategia posible. (Caso 3, turno 51)</i>
El experimento como forma de demostrar una teoría o un postulado, para ilustrar o ejemplificar un determinado modelo teórico	<i>P: Entonces el gran desafío, en términos de la dinámica, es <b>cómo construir observables que permitan refutar o validar modelos</b>, en el paradigma de que tenemos que renunciar a la predicción específica del comportamiento del sistema físico. O sea, si yo voy a decir que un sistema es hipersensible a las condiciones iniciales, cómo voy a hacer para decir que le emboqué a un modelo físico, un modelo matemático al que le apliqué un experimento, si ya sé de entrada que, cambiando un poco las condiciones iniciales, voy a tener que el sistema no hace lo que estaba esperando. (Caso 3, turno 51)</i>

Consideramos que estas diferencias resultan del hecho de que los docentes que llevan adelante estas prácticas, no sólo “transmiten” el conocimiento sino que lo construyen y, en este sentido, si bien la mayoría de ellos no realiza una reflexión sistemática en términos epistemológicos sobre el modo en que lo hacen, han construido un *conocimiento en la acción* (Schön, 1992), un *saber*

*tácito* (Feldman, 1999) acerca del modo en que investigan que les permite compartir no sólo los resultados de sus propias investigaciones, sino el modo en que trabajan ellos mismos y otros investigadores.

Los procesos de modelización que estudia la Didáctica de las Ciencias y que hemos referido en el Capítulo 3, dan cuenta de la transformación del mundo que se genera como consecuencia del desarrollo del conocimiento científico, y convierten ciertos fenómenos relevantes en *ejemplares*, o *hechos paradigmáticos*. Estos hechos pasan a ser *modelos* para interpretar otros fenómenos similares. La actividad científica escolar se constituye en la construcción de modelos teóricos aplicados a algunos fenómenos que se seleccionan por considerarlos *ejemplares* de las ideas teóricas que se van a trabajar en clase.

Sin embargo, es necesario señalar que las clases universitarias en las que se pone en juego el proceso de transposición didáctica (tanto como en las de otros niveles educativos), son los propios docentes investigadores los que desarrollan modelos, y estos no son para enseñar, sino para construir conocimiento. En este sentido, el modelo es no sólo objeto de aprendizaje en tanto “contenido”, sino también en tanto práctica habitual y constitutiva de los procesos de investigación que llevan adelante los docentes de este nivel de enseñanza, en esta universidad al menos.

En tres clases de dos de los docentes se plantea la modelización como una de las tareas centrales del científico. Se comparten modelos y también lo que significa su construcción para el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, es importante destacar la diferencia central que existe entre un docente y otro al utilizarla en las clases analizadas. El docente B, que la pone en juego en sus dos clases, alude constantemente a lo que supone la modelización para desarrollar el conocimiento, mientras que el docente D alude a la modelización en términos paradigmáticos, como modos de pensar, como sistemas de organización de las ideas que se corresponden con “físicas” diferentes, la clásica y la cuántica. Para poder aprender un nuevo modelo hay que ser capaz de reconocer la existencia de uno previo, vigente en el modo de pensar los fenómenos. En este sentido también, para poder construir nuevos modelos que expliquen lo que los viejos no podían, es necesario desprenderse de las relaciones que aquellos planteaban, a sabiendas de que esto puede implicar nuevas formas de investigar, nuevos instrumentos para “medir”.

**5.2.2. Segundo objetivo: Analizar los discursos y las prácticas pedagógicas en la enseñanza universitaria de la Física, procurando identificar las recurrencias y reconocer los diferentes recursos discursivos docentes que se ponen en juego en las clases y que promueven la construcción del conocimiento en el aula.**

En el análisis de las clases observadas encontramos algunos elementos comunes que caracterizan las prácticas de enseñanza de quienes son considerados buenos docentes.

Presentamos a continuación la Tabla 11 que sintetiza los recursos reconocidos y analizados en cada caso, en relación con las formas de las que se valen los docentes para comprometer a los alumnos en la clase.

Tabla 11

*Recursos para comprometer a los alumnos en la clase*

Recursos		Casos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Preguntas y respuestas	del profesor	x	x	x	X	x	x	x	x
	de los alumnos	x	x	x	X	x	x	x	
Lenguaje coloquial		x	x						x
Uso particular de pronombres						x	x	x	
Desafíos y provocaciones		x			X				
Humor e ironía		x	x	x					
Presentación de los científicos en el discurso				x	X			x	

No caben dudas de que uno de los recursos más utilizados y que aparece en todas las clases, es la pregunta. Esto parecería indicar que es un elemento constitutivo de las buenas prácticas. En sus distintas variantes, la pregunta aparece, ya sea para dar lugar a un diálogo o para dar continuidad al discurso docente. Favorece la construcción de conocimiento, y genera la necesidad de buscar una respuesta posible, más allá de que ésta sea explícitamente requerida.

En la Tabla 12 se desagregan, por caso, los distintos tipos de preguntas encontradas.

Tabla 12

*Tipos de preguntas presentes en las clases*

Preguntas	Categorías / Casos	1	2	3	4	5	6	7	8
-----------	--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

Del profesor	Retóricas	x	x	x	x	X	x	x	x
	Reactivas	x	x		x			x	x
	De elicitación		x				x	x	x
	Que promueven la reflexión	x	x	x	x				
	Genuinas				x				
	Para recuperar saberes previos				x				
De los alumnos	De clarificación	x	x	x	x	X	x		
	Genuinas	x	x	x	x	X		x	

Tal como puede observarse en la Tabla 12, las preguntas retóricas son las que más utilizan los docentes, seguidas por las preguntas reactivas. Excepto en dos casos (el caso 5 en que se utilizan preguntas retóricas y el caso 6, en el que además de las preguntas retóricas se plantean muy pocas preguntas de elicitación), los docentes utilizan más de un tipo de preguntas.

Entre las preguntas de los estudiantes, aparecen tantas preguntas de clarificación y como preguntas genuinas. Sólo en uno de los casos no encontramos preguntas de los alumnos, que intervienen, pero esencialmente para responder preguntas del docente.

El uso particular de los pronombres y del lenguaje coloquial se encuentra en más de la mitad de las clases. En el caso del primer recurso, la utilización constante (aunque no exclusiva) de la primera y segunda persona del plural, da cuenta de un modo particular de hacer parte a los alumnos del proceso de la clase. Mientras que en el caso del lenguaje coloquial este cumple dos funciones, por un lado, generar un acercamiento de los alumnos al conocimiento a partir de términos que son de uso cotidiano. El resto de los recursos, no se encuentran en todas las clases, sino que uno o dos docentes son los que los ponen en juego.

El uso del humor y la ironía, de los desafíos y las provocaciones, así como la presentación que se hace de los científicos en el discurso (como personas de carne y hueso, que trabajan en colaboración), posibilitan la construcción de formas distintas de interacción en las clases. Las dos primeras, porque encuentran una respuesta por parte de los estudiantes, ya sea generando un clima agradable y relajado, o haciéndolos pensar en posibles soluciones o ejemplos para la propuesta y promoviendo que quienes estaban “fuera” de la clase, se interesen en su desarrollo. Respecto del 3º recurso, no se espera una “respuesta” en términos de “acción”, sino en generar un “sentimiento” de cercanía respecto de aquellos que han generado el conocimiento que están aprendiendo.

En relación con los recursos para presentar la ciencia, nos encontramos con la siguiente *distribución*, que podemos observar en la Tabla 13:

Tabla 13

*Recursos para presentar la ciencia*

<b>Recursos</b>		<b>Categorías / Casos</b>							
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Explicitación de supuestos y convenciones	Lenguaje	x	x						x
	Supuestos epistemológicos y cognitivos		x			x	x	x	
	Acuerdos consolidados	x							
	Simplificaciones	x							
	"Oficio"	x				x			x
Legitimación del conocimiento	Cdad. científica/científicos relevantes	x		x	x		x	x	
	Presentación de experimentos		x	x		x	x	x	
	Experiencia propia como investigador			x	x				
	Experiencias compartidas					x			
	Autoridad docente					x			x
Hablar ciencia	Explicación narrativa		x	x	x	x	x	x	x
	Explicación dialogada	x	x						
	Lenguaje coloquial	x							
	Lenguaje matemático							x	x
	Historia de la ciencia		x				x		x
Construcción de modelos			x	x				x	
Metáforas y analogías			x	x					

Tres de los cuatro docentes explicitan supuestos y convenciones y en más de un caso, haciéndolo de diferentes formas en la misma clase. Este recurso da cuenta del valor que tiene para estos docentes *poner sobre la mesa* aquello que sustenta o da sentido a ciertas prácticas o conocimientos. Esto facilita dos procesos: la comprensión que posibilita el aprendizaje y el reconocimiento de ciertos aspectos vinculados al conocimiento científico que van más allá del nivel conceptual (Perkins, 1995) o de la estructura sintáctica (Schwab, 1973).

En todas las clases se legitima el conocimiento y para ello se utilizan diferentes fuentes de validación, en algunos casos más de una en la misma clase. *Habla ciencia* principalmente el docente, tal como lo plantean las investigaciones y lo hace, en casi todas las oportunidades, planteando explicaciones narrativas. La modelización y la inclusión de analogías se encuentran sólo en algunas clases.

### 5.2.3. Tercer objetivo: Construir nuevas categorías teóricas que permitan interpretar y caracterizar las buenas prácticas de la enseñanza de la Física en la universidad.

Este tercer objetivo alude por un lado, al reconocimiento de la complejidad de las prácticas y a la importancia que tiene el desarrollo de enfoques multidimensionales para comprenderlas y, por otro, a la necesidad de reconstruir las clases como espacios que se configuran y se modifican por la presencia y articulación de distintos elementos.

Sabemos que cuando enseñan, los docentes traen otras voces a la clase, además de la propia. Algunas son las de los alumnos (reales o supuestos); otras, son las de los investigadores que construyen el conocimiento de la disciplina que se está enseñando, o de la misma ciencia que plantea sus controversias o perspectivas; son también la de otros docentes o científicos que enriquecen la voz del propio docente. Estas voces se reconocen en el análisis y nos permiten recuperar la complejidad. Tal como plantea James Wertsch (1993):

...existen numerosas formas de representar la realidad al encarar un problema. (...) La noción de heterogeneidad nos invita a considerar por qué determinadas formas de hablar y de pensar (voces), no otras, son invocadas en ciertas ocasiones. También nos obliga a reconocer que no podemos contestar esta pregunta basándonos simplemente en la metáfora de posesión, que se centra en lo que los seres humanos «tienen» en materia de conceptos y habilidades. En cambio, debemos considerar cómo y por qué una determinada voz ocupa un escenario central, es decir, por qué es «privilegiada» (Wertsch, 1987) en un marco determinado. (p. 31)

Las presencias, los énfasis, los sentidos, dan lugar a estos distintos modos de enseñar que asume la Física en la universidad. La idea de **trama** puede resultar valiosa para ampliar lo antes planteado y para comprender, a partir de la analogía, lo que hace reconocible a las clases analizadas y posibilita que les demos un nombre específico.

Pensar en una trama nos remite a la literatura (narrativa) y también al tejido. La trama de una tela, de un tapiz, está hecha de muchos hilos o lanas, que pueden tener diferentes colores, grosores, texturas. Sin embargo, en muchos casos, podemos reconocer un motivo o un color que lo distingue de cualquier

otra combinación posible. Reconocemos un motivo escocés o decimos que una blusa es azul, a pesar de que algunos de los hilos que la conforman, no lo sean. Así como hay algo en la trama que la hace distinta de otras, ya sea por una combinación o configuración especial o por una presencia que tiñe el resto de los componentes y que permite reconocerla como particular, así también en las clases analizadas hay algo que nos permite darles nombre propio.

Estos son:

<b>Tramas características del aula</b>		<b>“Función” o característica central</b>	<b>Casos</b>
La clase que convoca a los alumnos desde el diálogo		Convoca a los alumnos para construir conocimiento a partir del diálogo que es estructurante de la clase	1 y 2
La clase que convoca al investigador		La clase está atravesada por la figura, la tarea, la perspectiva del investigador	3 y 4
La clase que convoca a la ciencia	desde la narrativa	La narración posibilita la presentación de la ciencia que se caracteriza dando cuenta de sus supuestos	5 y 6
	y da lugar al diálogo	El diálogo ocupa un lugar central a partir de la intervención de los alumnos y posibilita que reconozcan y construyan una nueva mirada	7
	desde lenguajes y modelos	La ciencia se presenta mostrando las diferencias en términos de modelos, de lenguajes	8

En primer lugar, el nombre deviene de aquello que cada docente convoca, de manera central, a la clase: al alumno, al investigador, a la ciencia. En segundo lugar, en algunos casos, del recurso que centralmente se pone en juego y tiñe la clase dándole especificidad a la trama.

### ***La clase que convoca a los alumnos***

La clase que convoca a los alumnos es la clase que a través de diferentes recursos, se centra en aquellos que son destinatarios de la enseñanza. Se trata de una clase expositiva que, sin embargo, le da protagonismo a los alumnos, los invita a poner su voz y lo hace principalmente a través del diálogo. Éste se reconoce con claridad con sólo analizar el número de turnos que se encuentran en las clases. Haciendo una sencilla división (número de turnos/cantidad de minutos de la clase), encontramos que en esas clases hay más de una participación por minuto en promedio.

<b>Caso</b>	<b>Turnos</b>	<b>Minuto</b>	<b>Proporció</b>
		<b>s</b>	<b>n</b>

<b>1</b>	388	165	<b>2,35</b>
<b>2</b>	155	105	<b>1,47</b>
<b>3</b>	85	95	0,89
<b>4</b>	64	75	0,85
<b>5</b>	12	120	0,1
<b>6</b>	10	165	0,06
<b>7</b>	355	160	<b>2,21</b>
<b>8</b>	179	120	<b>1,49</b>

El análisis nos ha permitido reconocer que el diálogo, en el marco de estas clases universitarias, no siempre cumple la misma función ni tiene el mismo sentido. Entre las 4 clases en las que predomina el *diálogo*, encontramos dos tipos diferenciados que hacen que las reconozcamos como dos “tramas” distintas.

En los casos 1 y 2 que corresponden al mismo docente, el diálogo es constitutivo de la forma en que el profesor enseña, es lo que le da un tinte especial a la clase. A través de las preguntas, respuestas, desafíos, del uso del humor y de un lenguaje coloquial, el profesor hace a los alumnos protagonistas de la clase, los convoca como interlocutores necesarios para la construcción del conocimiento en la clase. Son los recursos mencionados los que la hacen distintiva y particular. Son estas clases las que claramente reconocemos como clases que convocan al alumno.

En las otras dos clases el diálogo se hace presente no sólo por las preguntas que el docente hace, sino por las que los alumnos plantean en su necesidad de comprender y construir. En este caso, el docente no plantea las clases desde el diálogo (por eso no las incluimos dentro de esta categoría), pero le da lugar en pos de favorecer el acceso de los alumnos a nuevas miradas, y particularmente, en las clases observadas, a la mecánica cuántica.

### ***La clase que convoca al investigador***

Estas clases se distinguen por la clara presencia del investigador que es convocado a protagonizarlas. Si bien en las clases observadas, todos los docentes son investigadores, sólo en estas dos clases reconocemos su presencia, que le da una característica particular a la enseñanza. Ésta, desde la narrativa, va mostrando al investigador como constructor de modelos, como generador de preguntas y problemas, como un ser humano de carne y hueso que no deja de

serlo cuando construye conocimiento. La presentación del contenido está teñida por la convocatoria que el docente hace al investigador.

### ***La clase que convoca a la ciencia***

La clase que convoca a la ciencia, la hace protagonista de la enseñanza, la constituye en eje de la configuración más allá de que sea, como en toda clase universitaria, el objeto de la clase. Los diferentes elementos planteados se articulan para dar lugar a esta configuración que da cuenta de otra “buena práctica” en la enseñanza de la Física en la universidad.

En ella se explicitan constantemente supuestos vinculados con el conocimiento científico, se desarrollan los conceptos y se explican las relaciones entre ellos.

Son 4 las clases que incluimos en esta categoría. Dos de ellas que caracterizamos como clases que convocan a la ciencia desde la narrativa. ¿Qué las hace distintas de las otras dos? Esencialmente, el tipo de explicación que utiliza este docente, que adquiere una forma narrativa que se condice con lo él mismo plantea en una entrevista realizada previamente.

Otra de las clases que convocan a la ciencia lo hacen dando lugar al diálogo. Como planteáramos antes, el diálogo se hace presente a instancias de las intervenciones de los alumnos que el docente permite y retoma para ayudar en la comprensión del contenido. La inclusión de los científicos se realiza tanto para hacer al conocimiento científico más cercano a los alumnos como para legitimar el saber que se presenta. Los supuestos que se van explicitando se relacionan principalmente con el contenido. Los experimentos permiten reconocer el valor de su realización para la construcción de la ciencia y el lenguaje matemático se utiliza como uno de los medios para comunicar lo que la disciplina va desarrollando.

El énfasis en este caso, aquello que le da nombre a esta trama, es el lugar que ocupa el conocimiento científico a lo largo de la clase. El diálogo es un medio para favorecer la comprensión, principalmente, de la perspectiva cuántica. Los recursos que se utilizan para presentar la ciencia se centran en ese saber y su proceso de construcción

La cuarta clase que convoca a la ciencia lo hace desde el señalamiento de las diferencias que de diversas maneras da cuenta de paradigmas y momentos históricos. El lenguaje de las ciencias físicas, que habla también a través de las matemáticas, es una de las diferenciaciones que aparece.

La contraposición central que se va desarrollando a lo largo de toda la clase es la de dos modelos como son la física cuántica y la física clásica. Quien los presenta y señala sus diferencias es el docente que legitima con su autoridad como tal, el conocimiento que se desarrolla en la clase.

### **5.3. Reflexiones finales**

En este último apartado, queremos señalar algunas de las limitaciones del trabajo, las contribuciones específicas y aportaciones que, sin embargo, hemos podido construir, y las posibles líneas para seguir avanzando en el desarrollo de la temática.

La principal limitación que encontramos es de índole metodológica, a partir de las herramientas de recolección de los datos. Las clases fueron grabadas y transcritas. Consideramos que hubiera sido mejor contar con video grabaciones para contar con un registro más adecuado del lenguaje no verbal. A lo largo del análisis, fuimos reconociendo ciertos elementos que, a partir de la entonación y el volumen de la voz, son parte del entramado particular de las clases. La filmación hubiera permitido mayor claridad respecto de este lenguaje que utilizan los docentes para desarrollar sus clases. En su día se optó por esta medida debido a que parecía un registro menos intrusivo para el docente y el alumnado universitario, no acostumbrado a estas condiciones en el contexto del estudio. En cambio, en futuras ocasiones, entendemos que será necesario consensuar procedimientos con la clase para que la cámara sea parte de la rutina diaria de las lecciones.

Si bien el análisis se centra en las interacciones y en los recursos discursivos que utiliza el docente, y si bien parte del trabajo para el desarrollo de la investigación requirió el estudio y aprobación de contenidos básicos de Física, el conocimiento acotado de esta disciplina es sin duda una limitación. Los interrogantes surgidos para la comprensión del contenido fueron consultados con colegas del campo y se convirtieron también en una doble invitación: por una parte, a ubicarnos desde el rol de aprendiz que trata de comprender lo que se

plantea en la clase y por otro, a reconocer aquellos recursos que, entrelazados con el conocimiento disciplinar, dan cuenta de la buena enseñanza en la universidad.

El recorte inicial que supuso la observación de docentes que están a cargo de las *clases teóricas* y, por tanto, de clases expositivas, podría considerarse una limitación. Pero esto nos permitió focalizar la mirada y analizar este tipo de clases que se reconocen como buenas prácticas y que a pesar de ser expositivas desde la tradición académica, asumen diferentes formas como hemos podido reconocer en el análisis.

Una de las conclusiones fundamentales a las que hemos podido llegar en este estudio, podría formularse de la siguiente manera: la buena enseñanza asume formas diferentes en las clases universitarias de física; estas clases ponen en juego diferentes recursos, que se combinan de maneras distintas y dan lugar a entramados diferentes, con énfasis diversos que hemos vinculado con aquello que el docente principalmente convoca a la clase y, en segundo lugar, con el recurso que utiliza fundamentalmente para hacerlo.

Otra conclusión de nuestro trabajo es el valor primordial de la pregunta en las clases. Cuando nos preguntamos qué es lo que en ellas, en las que encontramos diferentes tipos de interacción, favorece la construcción de conocimiento, la primera y central respuesta es la “buena pregunta”, la que genera la necesidad de buscar una respuesta posible. En todas las clases aparece la pregunta, es el recurso que no falta en ninguna de ellas. Esta presencia nos hace pensar en la importancia que tiene la pregunta para promover el aprendizaje. Nos vuelve a los planteamientos de Paulo Freire (1986), para quien el origen del conocimiento está en la pregunta, en las preguntas, en el mismo acto de preguntar.

Otro aspecto importante a señalar es la necesidad de profundizar en los distintos recursos sin perder la mirada de la totalidad. En todas las clases existen preguntas, pero no todas generan diálogos y aun en las que sí lo hacen, éste asume diferentes funciones y tiene un peso diferente con relación al resto de los recursos y a lo que el docente convoca.

Es importante señalar también, que las buenas prácticas que hemos podido describir son, por un lado, aquellas que pudimos reconstruir a partir de las

observaciones realizadas. Un trabajo más amplio con una muestra más extensa puede dar lugar a la reconstrucción de otras formas de desarrollar la enseñanza de la física en la universidad. Por otro lado, estas buenas prácticas pueden, sin duda, ser mejoradas. No son *buenas* porque sean las mejores, sino porque son las que posibilitan la comprensión, la construcción del conocimiento. Sin dudas, el análisis compartido con los docentes podría dar lugar a propuestas diferentes que mejoraran estas buenas prácticas o, aún, posibilitaran otras diferentes.

El desarrollo de esta investigación abre una serie de interrogantes que invitan a seguir trabajando en tres sentidos diferentes que permiten centrarse, partir de diferentes puntos y generar saberes:

- Didáctica de la Física.
- Formación docente.
- La mirada de los alumnos.

#### *Didáctica de la Física.*

El trabajo realizado permite abrir nuevas líneas de investigación vinculadas a la enseñanza de la Física. Es posible ampliar el análisis a otros niveles del sistema educativo para ver cómo, por ejemplo, las explicaciones que el docente realiza en el nivel medio incluyen algunos de los recursos que reconocimos en la investigación realizada. De qué manera se presenta la ciencia, cómo se convoca a los alumnos en las clases.

#### *Formación docente*

Además de aquello que pueda considerarse relevante en la formación de los docentes y que surge de esta tesis como contenidos valiosos en términos didácticos para dicha formación, consideramos de interés avanzar en la investigación sobre la forma en que los docentes aprenden a enseñar como lo hacen, o quizás sea mejor decir cómo construyen o desarrollan esas formas.

Como hemos descrito en esta tesis, una característica central de los docentes es que son expertos en el contenido y sabedores de las capacidades de sus estudiantes (aunque no sea por estudios sistemáticos en psicología o didáctica). Esto nos plantea nuevas preguntas: *¿cómo aprendieron* estas concepciones y estrategias? *¿Las saben reconocer?*

Es importante recordar que los profesores observados en este trabajo no tenían formación docente sistemática. Las investigaciones realizadas con relación al modo en que los docentes construyen su práctica dan cuenta del valor de la biografía escolar y de la socialización profesional para el desarrollo de las mismas. Esta socialización se refiere especialmente a aquellos que tienen como tarea principal la enseñanza. Creemos que es una línea valiosa de análisis aquella que permita comprender cómo los docentes universitarios, investigadores, piensan la enseñanza y la organizan. Qué elementos y propuestas colaboran en el diseño y desarrollo de prácticas que *rompen* con las tradicionales o las reconfiguran para posibilitar mejores comprensiones. Recuperamos el planteamiento de uno de los docentes, que en la entrevista realizada previamente a la observación de sus clases explicita el valor que tuvo para su práctica un artículo de un docente-investigador sobre la importancia de la narrativa en la enseñanza. En este caso, pudimos reconocer la presencia de explicaciones narrativas en sus clases, lo que nos permite preguntarnos por las distintas formas en que se producen los cambios en las prácticas.

Cómo se aprende a enseñar, particularmente física y en la universidad, es una línea que consideramos central y que puede colaborar en el diseño de los programas de formación.

#### *La mirada del alumnado*

La perspectiva desde la que se planteó esta tesis es didáctica, por tanto, centrada en los procesos de enseñanza. Una línea de investigación que enriquecería el análisis realizado es la que se ocupa de la mirada de los alumnos y alumnas, del valor y el sentido que éstos reconocen y le otorgan a los distintos recursos utilizados por los docentes en las clases, a cómo favorecen el aprendizaje y la comprensión. Los estudiantes entrevistados que, como informantes claves, nos permitieron seleccionar a los buenos docentes, aluden a ciertas características para definirlos: a estos docentes les preocupa que el alumno comprenda y aprenda, dominan la materia, se les entiende cuando explican, se toman tiempo para interpretar las dudas de los alumnos y para explicar lo que sea necesario, los tratan con respeto.

Una línea de investigación a desarrollar, que podría enriquecer la formación de docentes y el trabajo con los alumnos, es indagar cómo se plasman estas características en las clases desde su perspectiva. ¿Qué recursos reconocen en

ellas que valoran como necesarias para facilitar la construcción del conocimiento?

Todas estas líneas dan cuenta de la potencialidad de este campo de investigación y de las posibilidades que tiene el análisis del discurso en el aula para la comprensión de los procesos de enseñanza. Y hablan de los desafíos y compromisos que generan los resultados de la investigación y las nuevas preguntas que se plantean, para quienes trabajamos en docencia universitaria y como formadores de docentes. Invitaciones a seguir construyendo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AA.VV. (1991) *Tecnología de la educación*. Colección: Léxicos - Ciencias de la Educación. Madrid: Santillana. 238-239)
- Adúriz-Bravo, A. (2010) Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. En *Revista EDUCyT*. Vol. 1, Nº 1, Enero-junio. Colombia.
- Adúriz-Bravo, A. (2011) Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución. En Galagovsky, L. (coord.) *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires. Lugar Editorial.
- Ardoino, J. (1990) Las ciencias de la educación y la epistemología de las ciencias del hombre y la sociedad. En Ducoing Watty, P. y Rodríguez Ousset, A. (comps.) *Formación de profesionales de la educación*. México DF, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, UNESCO, ANIES.
- Ardoino, J. (2005) *Complejidad y formación. Pensar la educación desde una mirada epistemológica*. Buenos Aires. Facultad de Filosofía y Letras, UBA, Ediciones Novedades Educativas.
- Astolfi, J. P. (2001) *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada Editora.
- Astolfi, J.P. (1997) *Aprender en la escuela*. Chile: Dolmen.
- Aubert, A., Flecha, A., García, C., Flecha, R., Racionero, S. (2008) *Aprendizaje dialógico en la sociedad de la información*. Barcelona: Hipatia Editorial.
- Bain, K. (2007) *Lo que hace los mejores profesores universitarios*. PUV. Valencia.
- Bain, K. (2012) Popular Teachers and Great Ones. En *Revista de Docencia Universitaria*, Vol.10 (1), Enero-Abril 2012.
- Bajtín, M. (1977) *Estética de la creación verbal*. Buenos Aires, Siglo veintiuno.
- Becher, T. (1993) Las Disciplinas y la identidad de los académicos. En *Revista Pensamiento Universitario* Nº1, noviembre de 1993.
- Becher, T. (2001) *Tribus y territorios académicos. La indagación intelectual y la cultura de las disciplinas*. Edit. Gedisa, Barcelona
- Brown, H. (1988) *La nueva filosofía de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Bruner, J. (1997) *La educación, puerta de la cultura*. Madrid: Visor.
- Bruner, J. (2003) *La fábrica de historias*. Buenos Aires: Fondo de cultura económica.
- Buenfil Burgos, R. N. (1995b) "Horizonte posmoderno y configuración social". En: de Alba, A. (Comp.) Posmodernidad y educación. México: CESU. Miguel Ángel Porrúa-Grupo editor.

- Burbules, N. (1999) *El diálogo en la enseñanza. Teoría y práctica*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Camilloni, A. (1994) Epistemología de la didáctica de las ciencias sociales. En: Aisenberg, B. y Alderoqui, S. (Comps.) *Didáctica de las ciencias sociales*. Buenos Aires: Paidós Educador.
- Camilloni, A. (1996) *Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós.
- Camilloni, A. y otros (2007) *El saber didáctico*. Buenos Aires: Paidós.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós.
- Candela, A. (2006) Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: Un estudio etnográfico en aulas de la escuela primaria. En *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 11, núm. 30, julio-septiembre, 2006. Pp. 797-820.
- Carlino, P. (2003) Alfabetización académica: Un cambio necesario, algunas alternativas posibles. En *Educere, Revista Venezolana de Educación*, 6(20), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, 409-420.:
- Carr, W. (1990) *Hacia una ciencia crítica de la educación*. Barcelona: Laertes.
- Castellà, J. M.; Comelles, S.; Cros, A. y Vilá, M. (2007) *Entender[se] en clase. Las estrategias comunicativas de los docentes bien valorados*. Barcelona: Graó.
- Chevallard, Y. (1998) *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique.
- Coll, C. (2001) Lenguaje, actividad y discurso en el aula. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. *Desarrollo psicológico y educación. 2. Psicología de la educación escolar*. Madrid, Alianza.
- Coll, C. (2008) Presentación. El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. En *Revista de Educación*, 346. Mayo-agosto 2008, pp. 15-32.
- Coll, C., Colomina, R., Onrubia, J. & Rochera, M. J. (1992). Actividad conjunta y habla: una aproximación al estudio de los mecanismos de influencia educativa. *Infancia y Aprendizaje*, 59-60, 189-232.
- Coll, C., Colomina, R., Onrubia, J. & Rochera, M. J. (1995). Actividad conjunta y habla. En P. Fernández Berrocal & M<sup>a</sup> A. Melero Zabal (Comps.) *La interacción social en contextos educativos* (pp.193-326). Madrid: Siglo XXI.
- Coll, C., Onrubia, J. Maurí, T. (2008) Ayudar a aprender en contextos educativos: el ejercicio de la influencia educativa y el análisis de la enseñanza. En *Revista de Educación*, 346. Mayo-agosto 2008, pp. 33-70.

- Connelly, F. Michael y Clandinin, D. Jean (1995), *Relatos de experiencia e investigación narrativa*. En Larrosa, J. y otros, *Déjame que te cuente. Ensayos sobre narrativa y educación*. Barcelona: Laertes.
- Contreras Domingo, J (1990) *Enseñanza, Curriculum y Profesorado. Introducción Crítica a la Didáctica*. Madrid: Ediciones Akal.
- Cros, A. (2003) *Convencer en clase: argumentación y discurso docente*. Barcelona: Ariel.
- Cros, A. (2002) Elementos para el análisis del discurso de las clases. En *Cultura y Educación* 14 (1), 81-97.
- Cubero Pérez, R. (2005) *Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona: Graó.
- Cubero Pérez, R.; Cubero Pérez, M.; Santamaría Santigosa, A.; de la Mata Benítez, M.L.; Ignacio Carmona, M.J. y Prados Gallardo, M. (2008) La educación a través de su discurso. Prácticas educativas y construcción discursiva del conocimiento en el aula. En *Revista de Educación*, 346. Mayo-agosto 2008, pp. 71-104.
- Cubero, R. & Ignacio, M.J. (2011) Accounts in the Classroom: Discourse and the Coconstruction of Meaning. En *Journal of Constructivist Psychology*, 24:3, 234-267.
- Cubero, R., Cubero, M., Santamaría, A., de la Mata, M., Prados, M.M., Barragán, A., Bascón, M.J., García, J. (2005) *Education discourse: building and legitimating knowledge in the classroom*. Paper presented at the First ISCAR Congress. Sevilla.
- Dagher, Z. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. En *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- De Sousa Santos, B. (2007) La Universidad en el Siglo XXI. Para una reforma democrática y emancipadora de la universidad. En *Revista Umbrales*, Nº 15, marzo de 2007.
- Diccionario Enciclopédico Ilustrado Sopena*. Ed. Ramón Sopena. Barcelona.1977.
- Dyrbye, L. N., Thomas, M. R., Harper, W., et al. (2009) The learning environment and medical student burnout: a multicentre study. *Medical Education*, 43: 274-282.
- Edelstein, G. (2011) *Formar y formarse en la enseñanza*. Buenos Aires: Paidós.
- Eder, M.L. (2002) *La explicación en la didáctica y la epistemología*. En *la enseñanza y en las ciencias*. Trabajo final del Seminario de Doctorado "Epistemología de las ciencias" a cargo de Eduardo Flichman y Olimpia Lombardi. Trabajo inédito.
- Eder, M.L. y Adúriz Bravo, A. (2001) Aproximación epistemológica a las relaciones

- entre la didáctica de las ciencias naturales y la didáctica general. En *Revista Tecné, Episteme y Didaxis* Nº 9. Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, Colombia. 2001.
- Edwards, D. y Mercer, N (1986) Context and continuity: classroom discourse and the development of shared knowledge. En K. Durkin (Ed.) *Language Development in the School Years*. London: Croom Helm.
- Edwards, D. y Mercer, N. (1988) *El conocimiento compartido en el aula. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Madrid: Paidós.
- Egan, K. (1999) *La imaginación en la enseñanza y el aprendizaje*. Buenos Aires. Amorrortu editores.
- Egan, K. (2000) *Mentes educadas*. Barcelona: Paidós.
- Egan, K. (2008) *Fantasía e imaginación: su poder en la enseñanza: una alternativa a la enseñanza y el aprendizaje en la educación infantil y primaria*. España: Morata.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología*, III, pp. 65-80.
- Elórtegui Escartín, N., Fernández González, J. y Medina Pérez, M. (2002) Consideraciones sobre la investigación en didáctica de las ciencias de la naturaleza. En *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Nº 34. Octubre 2002.
- Fagúndez Zambrano, T. y Pérez Acosta, O. (2011). La analogía y la construcción de significados científicos en la enseñanza de la física para estudiantes de ingeniería. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 12(3), 76-100 [Fecha de consulta: 01/08/2013].
- Fagúndez Zambrano, T.J. y Castells Llavanera, M. (2009) La enseñanza universitaria de la física: los objetos Materiales y la construcción de significados científicos. En *Actualidades Investigativas en Educación*. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación. Universidad de Costa Rica. Volumen 9, Número 2. pp. 1-27.
- Feldman, D. (1999) *Ayudar a enseñar*. Buenos Aires: Aique.
- Fenstermacher, G. (1989) Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza. En M. Wittrock. Comp. *La investigación de la enseñanza. Enfoques, teorías y métodos I*. México: Paidós.
- Fernández Rañada, A. (1990) *Orden y caos*. Barcelona: Prensa científica.
- Ferrater Mora, J. (1965) *Diccionario de filosofía*. Tomo I, A-K. Buenos Aires: Ed. Sudamericana.

- Flanders, N. (1978) *Análisis de la interacción didáctica*. Madrid: Anaya.
- Freire, P. (1997) *A la sombra de este árbol*. Barcelona: El Roure.
- Freire, P. (2002) *Pedagogía del oprimido*. Buenos Aires: Siglo XXI editores Argentina.
- Freire, P. y Faúndez, A. (1986) *Hacia una pedagogía de la pregunta: conversaciones con Antonio Faúndez*. La Aurora.
- Gadamer, H.G. (1977) *Verdad y método*. Salamanca: Sígueme.
- García de Fanelli, A. (2008) La docencia universitaria como profesión y su estructura ocupacional y de incentivos. En *Profesión académica en la Argentina: Carrera e incentivos a los docentes en las Universidades Nacionales*. Buenos Aires: Ana García de Fanelli Editora. CEDES (Centro de Estudios de Estado y Sociedad)
- García, C. (2009) Diálogo y aprendizaje. En *Cultura y Educación*, 2009, 21 (2), 125-128.
- Giere, R. (1992) *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.
- Giere, R. (1999a) Didáctica de la ciencia basada en el agente. Roles para la filosofía de la ciencia y las ciencias cognitivas. En *Revista Enseñanza de las ciencias*. 1999, Número Extra, 5-7.
- Giere, R. (1999b) Del realismo constructivo al realismo perspectivo. En *Revista Enseñanza de las ciencias*. 1999, Número Extra, 9-13.
- Giere, R. (1999c) Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. En *Revista Enseñanza de las ciencias*. 1999, Número Extra, 63-70.
- Gil Pérez, D. (1993) Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. En *Enseñanza de las Ciencias*. 11 (2).
- Goetz, J.P. y LeCompte, M.D. 1988. Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa. Evaluación del diseño etnográfico. Madrid. Ediciones Morata, S.A.
- Goetz, J.P. y LeCompte, M.D. 1988. *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa. "Evaluación del diseño etnográfico"*. Madrid. Ediciones Morata, S.A.
- Goodson, I. (1995) *Historia del currículum: la construcción social de las disciplinas escolares*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor.
- Gudmundsdottir, S. (1998) La naturaleza narrativa del saber pedagógico- En McEwan, H. y Egan, K. (comp.) *La narrativa en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación*. Buenos Aires. Amorrortu editores.

- Gudmundsdóttir, S. y Shulman, L.S. (2005) Conocimiento didáctico en ciencias sociales. En *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9, 2 (2005) (<http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev92ART5.pdf>)
- Harrell Carson, B. (1996) *Thirty years of stories. The professor's place in Student Memories. Change*. November/December 1996. Págs. 11-17.  
[http://campus.usal.es/~revistas\\_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/8484/8577](http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/8484/8577)
- Izquierdo, M. (2000) Fundamentos epistemológicos. En Perales Palacios, F. J. y Cañal de León, P. (comps.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. España: Marfil.
- Izquierdo, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, pp. 7-16. Ed. Graò. Barcelona.
- Jackson, P. (1999) *Enseñanzas implícitas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Jackson, P. (2002) *Práctica de la enseñanza*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Jiménez Aleixandre, M. P. y Díaz de Bustamante, J. (2003) Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. En *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 21 (3) 359-370.
- Kanovich, S. (2008) El uso del humor en la enseñanza universitaria. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 15 (2), 71-90. Disponible en: [http://www.ort.edu.uy/ie/pdf/cuad\\_15.pdf](http://www.ort.edu.uy/ie/pdf/cuad_15.pdf)
- Kapon, S. y diSessa, A. (2012): Reasoning Through Instructional Analogies. En *Cognition and Instruction*, 30:3, 261-310.
- Klimovsky, G. e Hidalgo, C. (1998) *La inexplicable sociedad*. Buenos Aires: A-Z editora.
- Kronke K, Omori DM, Landry FJ, et al. (1997) Bedside Teaching. *South Med J*. Nov; 90(11): 1069-74.
- László, J. (2008) *The science of stories: an introduction to narrative psychology*. Nueva York: Routledge.
- Laudan (1986) *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del crecimiento científico*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- Leinhardt, G. (1989) Development of an expert Explanation: An Analysis of a sequence of Substraction Lessons. En Resnick, L. B. *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Leinhardt, G. (1990) *Towards Understanding Instructional Explanations*. Learning Research and Development Center University of Pittsburgh. Pittsburgh, PA 15260. Technical Report No. CLIP-90-03. August 1990.

- Leinhardt, G. y Greeno, J. G. (1986) The cognitive skill of teaching. En *Journal of Educational Psychology*, Vol 78(2), Apr 1986, 75-95.
- Lemke, J. (1997) *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. (2004) The Literacies of Science. In E. Wendy Saul, Ed., *Crossing Borders in Literacy and Science Instruction*. (pp. 33 -47). Newark, DE: International Reading Association and Arlington, VA: NSTA Press.
- Litwin, E. (1995) Informe final de: "Configuraciones didácticas para la enseñanza de las Ciencias Sociales en la Universidad". Subsidio UBACyT 1991-1994.
- Litwin, E. (1996) El campo de la didáctica: la búsqueda de una nueva agenda. En: A. Camilloni y otros. *Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós.
- Litwin, E. (1997) *Las configuraciones didácticas: una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós.
- Litwin, E. (2008) *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos*. Buenos Aires: Paidós.
- Litwin, E. (2010) La evaluación de la docencia: plataformas, nuevas agendas y caminos alternativos. En *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*. 2010 - Volumen 3, Nº 1e.
- Lucas CA, Benedek D, Pangaro L. (1993) Learning climate and students' achievement in a medicine clerkship. *Acad Med* 68 (10):811-2.
- Luffiego, M. et al (1994) Epistemología, caos y enseñanza de las ciencias. En *Revista Enseñanza de las ciencias*. Año: 1994. Vol.: 12. 89-96.
- Martinand, J. L. (1992) Recherches didactiques et formation des maitres, Actes du Colloque. INRP. Citado en Astolfi, J.P. (2001) *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada Editora.
- Massarini, A. (2011) El papel de las metáforas en la construcción del conocimiento científico y en su enseñanza. En Galagovsky, L. (coord.) *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires. Lugar Editorial.
- Matthews, M. (1994) *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Nueva York: Routledge.
- Meirieu, P. (2001) *La opción de educar: ética y pedagogía*. Octaedro, Barcelona.
- Mellado Jiménez, V. (1998) La investigación sobre el profesorado de Ciencias experimentales. En *Investigación e innovación en Enseñanza de las Ciencias*. Vol. I. España.
- Mercer, N. (1997) *La construcción guiada del conocimiento*. Barcelona: Paidós.
- Mercer, N. (2001) *Palabras y mentes*. Barcelona: Paidós.

- Nagel, E. (1968) *La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*. Buenos Aires: Paidós.
- Ogborn, J. y otros (1998) *Formas de explicar. La enseñanza de las Ciencias en Secundaria*. Madrid: Santillana. Aula XXI.
- Oliva, J., Aragón, M., Mateo, J. & Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 453-470.
- Perales Palacios, F. J. y Cañal de León, P. (comps.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. España: Marfil.
- Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente*. Barcelona: Gedisa.
- Perkins, D. (2010) *El aprendizaje pleno. Principios de la enseñanza para transformar la educación*. Buenos Aires: Paidós.
- Perrenoud, Ph. (2007) *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*. Barcelona: Graó.
- Porlán Ariza, R. (1992) La Didáctica de las Ciencias. Una disciplina emergente. En *Cuadernos de Pedagogía* Nº 210.
- Porlán Ariza, R. (1993) *Constructivismo y escuela*. Sevilla: Díada.
- Pozo, J. I. (1994) *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Pozo, J. I. (1997) El cambio sobre el cambio: hacia una nueva concepción del cambio conceptual en la construcción del conocimiento científico. En Rodrigo, M. J. y Arnay, J. *La construcción del conocimiento escolar*. Buenos Aires: Paidós.
- Pozo, J. I. (1999) Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. En *Revista Enseñanza de las ciencias*, 1999, 17 (3)
- Rey Herrera, J., Candela, A. (2013). La construcción discursiva del conocimiento científico en el aula. *Educ. Educ.* Vol. 16, No. 1, pp. 41-65
- Sánchez, E. (1996) Los textos divulgativos: una conversación encubierta. Análisis de los recursos comunicativos de un texto divulgativo. En *Infancia y Aprendizaje*, 75, 85-96.
- Sánchez, E. y Leal, F. (2000) La diafonía en una explicación magistral: más que una simple voz, una mediación. En *Cultura y Educación*. 19. 47-66.
- Sánchez, E. y Leal, F. (2001) La explicación verbal: problemas y recursos. En A. García-Valcárcel Muñoz-Repiso (coord.) *Didáctica universitaria*. Madrid: La Muralla.
- Sánchez, E. y Rosales, J. (2005) La práctica educativa. Una revisión a partir del estudio de la interacción profesor-alumno en el aula. En *Cultura y Educación*. 17(2). 147-173.

- Sánchez, E., Rosales, J. & Suárez, S. (1999). Interacción profesor-alumnos y comprensión de textos. Qué se hace y qué se puede hacer? *Cultura y Educación*, 11 (2-3), 71-89.
- Sánchez, E., Rosales, J., Cañedo, I. & Conde, P. (1994). El discurso expositivo: una comparación entre profesores expertos y principiantes. *Infancia y Aprendizaje*, 67-68, 51-74.
- Sanmartí, N. y Izquierdo, M. (1997) Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. En *Investigación en la escuela* Nº 32.
- Sarason, S. (2002) *La enseñanza como arte de representación*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Schön, D. A. (1992) *La formación de profesionales reflexivos*. Barcelona: Paidós/MEC.
- Schuster, F. G. (1982) *Explicación y predicción*. Buenos Aires: CLACSO.
- Schwab, J.J. (1973) Problemas, tópicos y puntos en discusión. En S. Elam (comp.) *La educación y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Skeff KM. (1988) Enhancing teaching effectiveness and vitality in the ambulatory setting. *J Gen Intern Med*. 3 (2 suppl):S26-S33.
- Souto, M. (1996) La clase escolar. Una mirada desde la didáctica de lo grupal. En Camilloni, A. W. de; Davini, C.; Edelstein, G.; Litwin, E.; Souto, M. y Barco, S. (1996). *Corrientes didácticas contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós.
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002) *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia.
- Tardif, M. (2004) *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Madrid. Narcea.
- Unidad de didáctica de las ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona (2002) Conectar la investigación y la acción: el reto de la enseñanza de las ciencias. En *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Nº 34. Octubre 2002.
- [Vilà Santasusana](#), M; [Castellà](#), J.M.; Comelles, S. y [Cros](#), A. (2007) *Entender(se) en clase: Las estrategias comunicativas de los docentes bien valorados*. Barcelona: Graó.
- Wellman, H.M., & Lagattuta, K.H. (2004) Theory of mind for learning and teaching: The nature and role of explanation. *Cognitive Development*, 19, 479-497.
- Wells, G. (2004) El papel de la actividad en el desarrollo y la educación. En *Infancia y Aprendizaje*, 2004, 27 (2), 165-187.

- Wertsch, J. (1993). *Voces de la Mente. Un Enfoque Sociocultural para el Estudio de la Acción Mediada*. Madrid: Visor.
- Williams GC, Wiener MW, Markakis KM, Reeve JM, Deci EL. (1994) Medical students' motivation for internal medicine. *J Gen Intern Med.* 9:327-33.
- Zabalza, M. (2012) El estudio de las “buenas prácticas” docentes en la enseñanza universitaria. En *Revista de Docencia Universitaria*, Vol.10 (1), Enero-Abril 2012.
- Zaragüeta, J. (1955) *Vocabulario filosófico*. Madrid: Espasa-Calpe, 218-219.

## **ANEXOS**

**ANEXO A. Encuesta para alumnos o egresados: explicación y buenos docentes**

**PARA ALUMNOS O EGRESADOS  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**CARRERA:**

**CANTIDAD DE MATERIAS CURSADAS:**

1. ¿Qué es **explicar**?

2. ¿En qué consiste una **buena explicación**? ¿Qué características tiene una **buena explicación**?

3. Mencionar **buenos docentes** de las materias de Física. Explicitar las razones por las cuales los considera “buenos docentes”.

4. Los docentes mencionados ¿explican bien? ¿En qué tipo de estrategia incluyen la explicación? ¿Utilizan otras estrategias?

5. En las preguntas 1 y 2 ¿puede establecer diferencias si se trata de la explicación científica o de la explicación de los docentes en sus clases?

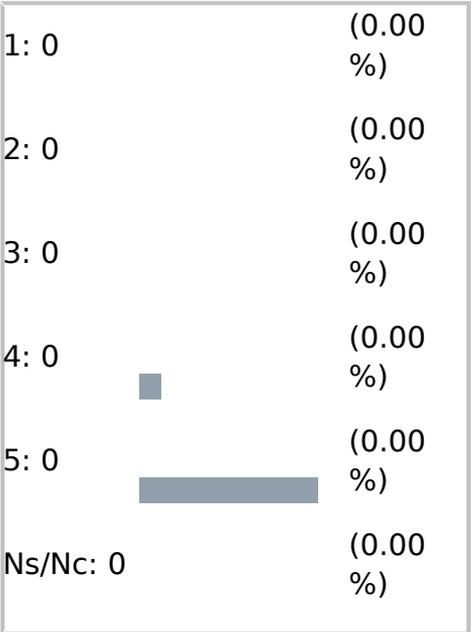
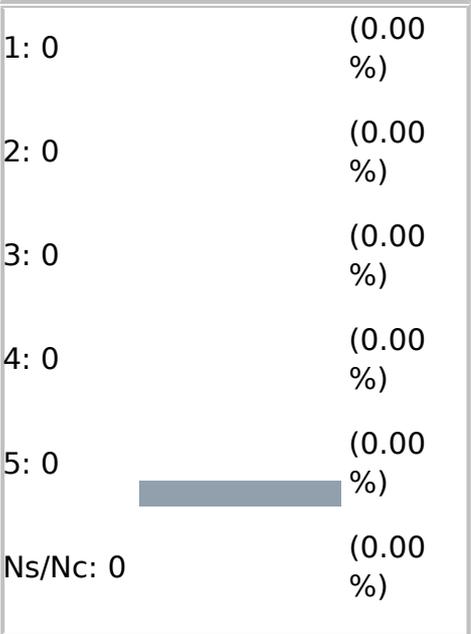
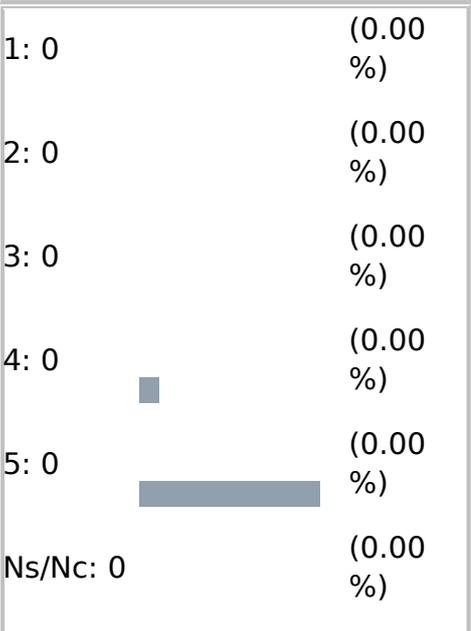
Muchas gracias por la colaboración.

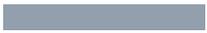
María Laura Eder (mleder@filo.uba.ar)

**ANEXO B: Modelo de Encuesta utilizada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (EADIS)**

<b>Docente: XX</b>
<b>Periodo 1er Cuat 2002</b>
<b>Materia: <u>XX</u></b>
<b>Turno: LU-MI 9-11(T) LU-MI 11-14(P)</b>

Pregunta	Resultados																		
Asiste normalmente a clase.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">1: 0</td> <td style="width: 80%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td style="text-align: center;"><div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td style="text-align: center;"><div style="width: 40px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> </table>	1: 0		(0.00 %)	2: 0		(0.00 %)	3: 0		(0.00 %)	4: 0	<div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)	5: 0	<div style="width: 40px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)	Ns/Nc: 0		(0.00 %)
1: 0		(0.00 %)																	
2: 0		(0.00 %)																	
3: 0		(0.00 %)																	
4: 0	<div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)																	
5: 0	<div style="width: 40px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)																	
Ns/Nc: 0		(0.00 %)																	
Cumple con los horarios establecidos.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">1: 0</td> <td style="width: 80%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td style="text-align: center;"><div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td style="text-align: center;"><div style="width: 40px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td></td> <td style="text-align: right;">(0.00 %)</td> </tr> </table>	1: 0		(0.00 %)	2: 0		(0.00 %)	3: 0		(0.00 %)	4: 0	<div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)	5: 0	<div style="width: 40px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)	Ns/Nc: 0		(0.00 %)
1: 0		(0.00 %)																	
2: 0		(0.00 %)																	
3: 0		(0.00 %)																	
4: 0	<div style="width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)																	
5: 0	<div style="width: 40px; height: 10px; background-color: #808080; margin: 0 auto;"></div>	(0.00 %)																	
Ns/Nc: 0		(0.00 %)																	

<p>Mantiene un trato adecuado con sus alumnos.</p>	<table border="0"> <tr> <td>1: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> </table> 	1: 0	(0.00 %)	2: 0	(0.00 %)	3: 0	(0.00 %)	4: 0	(0.00 %)	5: 0	(0.00 %)	Ns/Nc: 0	(0.00 %)
1: 0	(0.00 %)												
2: 0	(0.00 %)												
3: 0	(0.00 %)												
4: 0	(0.00 %)												
5: 0	(0.00 %)												
Ns/Nc: 0	(0.00 %)												
<p>Parece dominar la asignatura que imparte.</p>	<table border="0"> <tr> <td>1: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> </table> 	1: 0	(0.00 %)	2: 0	(0.00 %)	3: 0	(0.00 %)	4: 0	(0.00 %)	5: 0	(0.00 %)	Ns/Nc: 0	(0.00 %)
1: 0	(0.00 %)												
2: 0	(0.00 %)												
3: 0	(0.00 %)												
4: 0	(0.00 %)												
5: 0	(0.00 %)												
Ns/Nc: 0	(0.00 %)												
<p>Sus clases están bien organizadas.</p>	<table border="0"> <tr> <td>1: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> </table> 	1: 0	(0.00 %)	2: 0	(0.00 %)	3: 0	(0.00 %)	4: 0	(0.00 %)	5: 0	(0.00 %)	Ns/Nc: 0	(0.00 %)
1: 0	(0.00 %)												
2: 0	(0.00 %)												
3: 0	(0.00 %)												
4: 0	(0.00 %)												
5: 0	(0.00 %)												
Ns/Nc: 0	(0.00 %)												

<p>Explica con claridad.</p>	<p>1: 0 (0.00 %)</p> <p>2: 0 (0.00 %)</p> <p>3: 0 (0.00 %)</p> <p>4: 0 (0.00 %)</p> <p>5: 0 (0.00 %)</p> <p>Ns/Nc: 0 (0.00 %)</p> 
<p>Varía las estrategias de enseñanza para asegurar la comprensión, aclarar dudas o atender necesidades individuales.</p>	<p>1: 0 (0.00 %)</p> <p>2: 0 (0.00 %)</p> <p>3: 0 (0.00 %)</p> <p>4: 0 (0.00 %)</p> <p>5: 0 (0.00 %)</p> <p>Ns/Nc: 0 (0.00 %)</p> 
<p>Presenta un panorama amplio de su asignatura.</p>	<p>1: 0 (0.00 %)</p> <p>2: 0 (0.00 %)</p> <p>3: 0 (0.00 %)</p> <p>4: 0 (0.00 %)</p> <p>5: 0 (0.00 %)</p> <p>Ns/Nc: 0 (0.00 %)</p> 

<p>Responde con exactitud y precisión a las preguntas que le hacen.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td>1</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td>10</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1: 0	0	(0.00 %)	2: 0	0	(0.00 %)	3: 0	0	(0.00 %)	4: 0	1	(0.00 %)	5: 0	10	(0.00 %)	Ns/Nc: 0	0	(0.00 %)
Rating	Count	Percentage																				
1: 0	0	(0.00 %)																				
2: 0	0	(0.00 %)																				
3: 0	0	(0.00 %)																				
4: 0	1	(0.00 %)																				
5: 0	10	(0.00 %)																				
Ns/Nc: 0	0	(0.00 %)																				
<p>Intenta que los alumnos participen en las clases.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td>1</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td>2</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td>1</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td>2</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td>1</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1: 0	0	(0.00 %)	2: 0	1	(0.00 %)	3: 0	2	(0.00 %)	4: 0	1	(0.00 %)	5: 0	2	(0.00 %)	Ns/Nc: 0	1	(0.00 %)
Rating	Count	Percentage																				
1: 0	0	(0.00 %)																				
2: 0	1	(0.00 %)																				
3: 0	2	(0.00 %)																				
4: 0	1	(0.00 %)																				
5: 0	2	(0.00 %)																				
Ns/Nc: 0	1	(0.00 %)																				
<p>Acepta la crítica fundamentada.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>2: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>3: 0</td> <td>0</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>4: 0</td> <td>1</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>5: 0</td> <td>10</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> <tr> <td>Ns/Nc: 0</td> <td>1</td> <td>(0.00 %)</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1: 0	0	(0.00 %)	2: 0	0	(0.00 %)	3: 0	0	(0.00 %)	4: 0	1	(0.00 %)	5: 0	10	(0.00 %)	Ns/Nc: 0	1	(0.00 %)
Rating	Count	Percentage																				
1: 0	0	(0.00 %)																				
2: 0	0	(0.00 %)																				
3: 0	0	(0.00 %)																				
4: 0	1	(0.00 %)																				
5: 0	10	(0.00 %)																				
Ns/Nc: 0	1	(0.00 %)																				

Utiliza en clase un material didáctico que ayuda a comprender las explicaciones.	1: 0	(0.00 %)
	2: 0	(0.00 %)
	3: 0	(0.00 %)
	4: 0	(0.00 %)
	5: 0	(0.00 %)
	Ns/Nc: 0	(0.00 %)
	Total de preguntas: 12 - Total de encuestas: 0.00	

### Comentarios del Curso: [xx](#)

**Encuesta del Curso: [ir](#)**  
**Departamento Física: [ir](#)**  
**Periodo 1er. Cuatrimestre 2006 [ir](#)**

Comentario 1

---

Comentario 2

---

Comentario xx

**ANEXO C: Modelo de Hoja de Registro Observacional**

**Nombre y apellido del docente:**

**Materia:**

**Fecha:**

<b>Hora</b>	<b>Discurso de docente y alumnos</b>	<b>Gráficos, formulas, etc. en el pizarrón</b>

## **ANEXO D: Esquema de la entrevista a los docentes**

Nombre y apellido del docente

Fecha

### Preguntas guía

1. Materias que dicta
2. ¿Cuántos alumnos soles tener en tus clases?
3. ¿Hay alguna de las materias (además de aquella que más se vincula con tu área de investigación) que preferís enseñar? ¿Por qué?
4. ¿En qué cambiaron tus programas a lo largo del tiempo?
5. ¿Cómo coordinan las clases teóricas con las clases prácticas o de problemas?  
¿Es necesario coordinarlas? ¿Y con los laboratorios?
6. ¿Existen cuestiones que presentas siempre en las primeras clases? ¿Y en las últimas? ¿Por qué? ¿Para qué?
7. ¿Qué actividad te resulta más completa / interesante para favorecer la comprensión / el aprendizaje?

8. ¿Cómo, con qué preguntas puedes reconocer al alumno que sabe del que no?
  
9. ¿Qué tipo de libros te parecen más adecuados para favorecer la comprensión?
  
10. Elegí alguna clase que hayas dado y que te haya gustado. ¿Por qué te gustó?  
¿Cómo la preparaste?
  
11. ¿Cuáles son buenos ejemplos? Explicaciones?
  
12. ¿Crees que el contenido modifica el modo de enseñar? ¿Los cambios paradigmáticos, inciden en el modo de enseñar?
  
13. Si sólo tuvieras 5' ¿qué enseñarías?

## ANEXO E: Sistema de notación

Símbolos	Descripción
P: Ana: As:	Inicial o nombre completo de la persona que habla. El profesor o profesora se indica siempre como P. Cuando hablan varios alumnos y alumnas simultáneamente se indica como As. Los dos puntos separan la inicial o nombre del texto del turno.
[---]	Tres guiones entre corchetes indica que, quien transcribe, no comprende una o varias palabras del habla.
[...]	Material no transcrito. Si se trata de un texto extenso se anotará el contenido general del mismo en cursiva, en la columna correspondiente a los turnos y seguido por el tiempo de duración.
(Comentarios)	Comentarios sobre el contexto, la entonación, otras acciones no discursivas, etc., en cursiva y entre paréntesis.
<b>Negrita</b>	Se señalan en negrita las líneas o turnos que se quieren resaltar por su interés para el análisis.
.	Punto. Indica una entonación descendente en la última palabra pronunciada o un efecto “final” en la entonación o la expresión, con o sin pausa. Señala una entonación completa. No es necesariamente un punto ortográfico.
,	Coma. Señala un ligero ascenso o descenso de la entonación, pero el hablante no ha terminado; marca la continuación de lo que sigue.
(.)	Paréntesis con punto. Una pausa corta, inferior a 2 segundos.
¿?	Signos de interrogación. Señalan una entonación interrogativa. No tienen por qué corresponderse con preguntas.
¡!	Signos de admiración. Marcan partes del habla cargadas de afectividad, fuerza o vehemencia.
↑↓	Flechas verticales en sentido ascendente o descendente. Preceden elevaciones o descensos marcados de la entonación. Señalan entonaciones ascendentes o descendentes más pronunciadas de las que señalaríamos con otros signos de entonación. Se utilizan en situaciones especiales, cuando la entonación está muy marcada; para el resto son suficientes los signos ortográficos habituales.
Subrayado	Subrayado. Señala el énfasis en sílabas o palabras completas. El subrayado localiza dónde se produce el énfasis e indica su extensión.
:	Dos puntos. Señalan la prolongación del sonido inmediatamente anterior, ya sea vocal o consonante. Un mayor número indica mayor alargamiento.
GRITO	Mayúsculas. Marca un fragmento de habla de mayor intensidad (voz alta, elevación del volumen o grito) que el habla adyacente. No tiene por qué estar asociado a énfasis.
<sup>o</sup> susurro <sup>o</sup>	Grados. Encierran un fragmento de habla que se produce con menor intensidad que el habla adyacente.

<p>&gt;más rápido&lt; &lt;más lento&gt;</p>	<p>Mayor que y menor que. Encierran fragmentos del habla en los que se producen cambios en la velocidad normal del hablante. Los signos &gt;&lt; delimitan habla con mayor velocidad (habla más rápida que el resto adyacente) y los de &lt;&gt; menor velocidad (habla más lenta que el resto adyacente).</p>
<p>A: [Tres] B: [Dos], son [dos] C: [Dos]</p>	<p>Corchetes en líneas adyacentes. Indica que el habla de diferentes participantes se superpone o coincide en el tiempo. Señalan el comienzo y el final del habla superpuesta. En la transcripción se colocan alineados en el momento en que se da la superposición.</p>
<p>a) A: Parece una= B: =cuerda. b) A: Creo [que]= B: [sí] A: = puede ser.</p>	<p>Iguales. Pueden ser utilizados en dos situaciones diferentes:</p> <p>a) Indican discurso encadenado, habla ligada a la anterior. Marcan el final y el comienzo de las intervenciones de distintos hablantes que se suceden sin intervalo o pausa.</p> <p>b) En los casos en que el habla de dos participantes se superpone o coincide en el tiempo, y a efectos de la transcripción se colocan ambos turnos seguidos, los iguales indican que el turno del primer hablante continúa.</p>