



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Universitat Autònoma de Barcelona
Departament de Didàctica de la Matemàtica i
de les Ciències Experimentals

Tesis doctoral

Análisis del discurso docente en actividades de modelización sobre fuerzas y movimiento

Camilo Vergara Sandoval

Dirección:
Víctor López Simó
Digna Couso Lagarón

Bellaterra, noviembre 2022



Este trabajo se ha desarrollado con el apoyo de una Beca de Postgrado en el Extranjero financiada por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), cuya referencia es ANID PFCHA/DOCTORADO BECAS CHILE/2018 – 72190314 y ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-096581-B-C21) y llevada a cabo dentro del grupo de investigación ACELEC (2017SGR1399).

Agradecimientos

Con estos agradecimientos pretendo mostrar que detrás de esta tesis hay gente que de alguna u otra forma colaboró en su concreción.

Así, no puedo comenzar sin agradecer a mi director, Víctor, y a mi directora, Digna. A Víctor, eres mi referente como investigador y docente. Me hubiera encantado tener clases contigo, y que me hubieras hecho entender la ciencia y la investigación tal como la he logrado entender desde el máster hasta ahora. Tus estudiantes son afortunados, y a buena hora llegué a la UAB para ser uno de ellos. Gracias por haber sido mi director en el máster, por proponerme realizar investigaciones que han definido y definirán mi rol de profesor e investigador, por haberme apoyado en la obtención de mi beca, y por haber dirigido el desarrollo de mi doctorado. A Digna, te leo desde el grado, y conocerte personalmente y verte trabajar para el desarrollo del conocimiento y su democratización ha sido un privilegio. Gracias por permitirme discutir y reflexionar contigo sobre ideas que pensé que sólo quedaban en el papel, y por haber confiado en mi desde mi llegada al máster permitiéndome involucrarme en el estudio de talleres tan bien cuidados y llevados. Y, sobre todo, gracias por dirigir mi tesis, y por hacerlo siempre en función de una auténtica utilidad teórica, pero por sobre todo, práctica. Sin duda, ambos han hecho de mi experiencia de doctorado la mejor que podría haber tenido.

A María, ya que sin ti nada de esto hubiera sido posible, literalmente. Por un lado, gracias por recibirme y por dejarme investigar en tu lugar de trabajo, y por enriquecer esta investigación. Por otro, gracias por inspirar la manera en la que pretendo continuar mi rol como profesor. Tanto esta investigación, los futuros estudios que se desprenderán de ésta, y mis futuras clases de ciencia llevarán el sello de tu docencia.

A Marina, Anna, y Gerard, gracias por permitirme trabajar junto a ustedes, y por haber colaborado en la consecución de este proyecto.

A Macarena, gracias por inspirar mi trabajo de máster, el cual antecede y respalda esta tesis de doctorado; y gracias por confiar en mí, y en mi trabajo otorgándome la oportunidad y la responsabilidad, incluso a la distancia, de ser parte de tu proyecto.

A Pía y María Rosa, por hacer que las mañanas y tardes de trabajo prepandémicas en la saleta hayan sido instancias de reflexión y apoyo que han logrado trascender de ese momento y espacio, llegando hasta hoy.

A Èlia, a quien admiro por su entrega y dedicación a la investigación, gracias por compartir tu conocimiento, tanto en instancias formales, como también comiéndonos unas bravas; y por tener una palabra de aliento para llevar este proyecto a buen puerto. Mi labor como investigador siempre le tendrá como referente, Dra. Tena.

A Caterina y Manel, quienes no sólo me han motivado a pensar sobre investigación y educación; sino que también, desde su perspicacia, me han llevado a reflexionar sobre mi país, su historia, y mi rol como docente al posicionarme sobre éstos. Mi experiencia más allá de lo académico no hubiera sido lo mismo si no hubiera compartido momentos con vosotros. Siempre estaré agradecido de ustedes.

A Carolina, por ser una persona crítica que invita a reflexionar en cada conversación, y por ser una buena compañera de museos, comidas, y paseos. Gracias por convertirte en amiga y por hacer que periodos de incertidumbre hayan sido más agradables, y que aquellos momentos alegres lo hayan sido aún más.

A José Carlos, por estar siempre para compartir alegrías. Junto a ti inicié este proceso, y me alegro que nuestra amistad no haya aflojado todos estos años. Gracias por permitirme acabar esta tesis con un amigo más.

A mi papá y a mi mamá, por apoyarme en cada proyecto que pretendo llevar a cabo y por hacerme la vida más fácil en cada uno de ellos. Gracias por estar ahí incondicionalmente.

A mi hermana, por compartir conmigo un paradigma de vida y por disfrutar como tuyos cada uno de mis logros. Gracias por ser mi apoyo a la distancia.

A Francisca, gracias por inspirar el profesor e investigador que pretendo ser, permitiéndome presenciar desde cerca tu motivación y entrega a la educación y a la búsqueda de conocimiento. Me has permitido ver las cosas más claras cuando pareciera que no hay certezas. Todo este proceso ha sido más ameno a tu lado.

Resumen

Esta tesis se enmarca en los talleres experimentales de física centrados en la modelización (talleres REVIR) dirigidos a alumnado de bachillerato, analizando el discurso docente que se da, las prácticas de modelización en las que participa el alumnado, y el progreso de sus ideas sobre fuerzas y movimiento.

Las investigaciones que existen en torno al análisis del discurso docente suelen centrarse en la descripción de cómo es el discurso del profesorado (sintácticamente), y cuál es su función en el aula. Sin embargo, estas investigaciones no suelen sugerir maneras en que el profesorado puede articular su discurso para lograr, por ejemplo, que el alumnado participe en prácticas científicas de modelización y la construcción de modelos científicos escolares. No obstante, entendemos que en el aula de ciencias la experimentación y el lenguaje tienen un rol fundamental favoreciendo la continuidad entre los fenómenos estudiados y el desarrollo de las ideas que permiten describirlos y explicarlos, por lo que existe una estrecha relación entre el discurso docente y el aprendizaje del alumnado.

De esta forma, nos proponemos dos estudios separados y una posterior discusión en común. El Estudio 1 tiene como objetivo analizar las prácticas de modelización en las que participa el alumnado de bachillerato y el progreso de sus ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización. El Estudio 2 tiene como objetivo analizar el discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización. La posterior discusión conjunta tiene como objetivo identificar estrategias en el discurso docente que median en las prácticas de modelización en las que participa el alumnado de bachillerato y en el progreso de sus ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización.

Para la consecución de estos objetivos grabamos de manera audiovisual el diálogo entre docentes y alumnado en cuatro talleres REVIR relacionados a los modelos de fuerzas y movimiento. Posteriormente, utilizamos dos marcos metodológicos específicos para cada uno de los Estudio 1 y 2.

En el Estudio 1, mediante un enfoque deductivo e inductivo, identificamos cuatro tipologías de encadenamientos de prácticas de modelización, que denominamos Ex, ExE, ExER, y (Ex)R. A su vez, identificamos diez tipologías de progresos de ideas del alumnado, según si se relacionan con la interpretación del movimiento, con el razonamiento de las variables velocidad y aceleración, o con la conceptualización de fuerzas. Finalmente, discutimos la relación entre encadenamientos de prácticas de modelización y progresos de las ideas.

En paralelo, en el Estudio 2 analizamos las acciones y agencias (actos comunicativos y sus respectivas tipologías) que categorizan los enunciados que conforman el discurso docente. Este análisis se realiza tanto desde una perspectiva cualitativa, definiendo una taxonomía de actos comunicativos, como desde una perspectiva cuantitativa, analizando la prevalencia de cada tipología de acto comunicativo y su relación estadística con otras variables.

Finalmente, en la posterior discusión que relaciona los Estudios 1 y 2, identificamos estrategias discursivas específicas que fomentan el progreso de ideas del alumnado y su participación en prácticas de modelización. De esta manera, destacamos la importancia de un discurso docente que propicie un aula de ciencias dialógica orientada a la modelización de ideas clave como pieza central en el aprendizaje. A su vez, también destacamos el potencial didáctico de algunas estrategias discursivas especialmente valiosas, que permiten orientar tanto una buena planificación de las clases, como la formación inicial del profesorado en cuanto a gestión de las interacciones y diálogos con el alumnado.

Resum

Aquesta tesi s'emmarca en els tallers experimentals de física centrats en la modelització (tallers REVIR) dirigits a alumnat de batxillerat, analitzant el discurs docent que es dona, les pràctiques de modelització en les quals participa l'alumnat, i el progrés de les seves idees sobre forces i moviment.

Les recerques que existeixen entorn de l'anàlisi del discurs docent solen centrar-se en la descripció de com és el discurs del professorat (sintàcticament), i quina és la seva funció a l'aula. No obstant això, aquestes recerques no solen suggerir maneres en què el professorat pot articular el seu discurs per a aconseguir, per exemple, que l'alumnat participi en pràctiques científiques de modelització o construeixi models científics escolars. No obstant això, entenem que a l'aula de ciències l'experimentació i el llenguatge tenen un rol fonamental afavorint la continuïtat entre els fenòmens estudiats i el desenvolupament de les idees que permeten descriure'ls i explicar-los, per la qual cosa existeix una estreta relació entre el discurs docent i l'aprenentatge de l'alumnat.

D'aquesta manera, ens proposem dos estudis separats i una posterior discussió en comú. L'Estudi 1 té com a objectiu analitzar les pràctiques de modelització en les quals participa l'alumnat de batxillerat i el progrés de les seves idees respecte al model de forces i moviment en el context de tallers experimentals centrats en la modelització. L'Estudi 2 té com a objectiu analitzar el discurs docent en el context de tallers experimentals centrats en la modelització. La posterior discussió conjunta té com a objectiu identificar estratègies en el discurs docent que medien en les pràctiques de modelització en les quals participa l'alumnat de batxillerat i en el progrés de les seves idees respecte al model de forces i moviment en el context de tallers experimentals centrats en la modelització.

Per a la consecució d'aquests objectius gravem de manera audiovisual el diàleg entre docents i alumnat en quatre tallers REVIR relacionats amb els models de forces i moviment. Posteriorment, utilitzem dos marcs metodològics específics per a cadascun dels estudis 1 i 2. En l'Estudi 1, mitjançant un enfocament deductiu i inductiu, identifiquem quatre tipologies d'encadenaments de pràctiques de modelització, que denominem Ex, ExE, ExER, i (Ex)R.

Al seu torn, identifiquem deu tipologies de progressos d'idees de l'alumnat, segons si es relacionen amb la interpretació del moviment, amb el raonament de les variables velocitat i acceleració, o amb la conceptualització de la força. Finalment, discutim la relació entre encadenaments de pràctiques de modelització i progressos de les idees.

En paral·lel, en l'Estudi 2 analitzem les accions i agències (actes comunicatius i les seves respectives tipologies) que categoritzen els enunciats que conformen el discurs docent. Aquest anàlisi es fa des d'una perspectiva qualitativa, definint una taxonomia d'actes comunicatius, com des d'una perspectiva quantitativa, analitzant la prevalença de cada tipologia d'acte comunicatiu i la seva relació estadística amb altres variables. Finalment, en la posterior discussió que relaciona els Estudis 1 i 2, identifiquem estratègies discursives específiques que fomenten el progrés d'idees de l'alumnat i la seva participació en pràctiques de modelització. D'aquesta manera, destaquem la importància d'un discurs docent que propiciï una aula de ciències dialògica orientada a la modelització com a peça central en l'aprenentatge. Al seu torn, també destaquem el potencial didàctic d'algunes estratègies discursives especialment valuoses, que permeten orientar tant una bona planificació de les classes, com la formació inicial del professorat quant a gestió de les interaccions i diàlegs amb l'alumnat.

Abstract

This thesis is framed in the experimental physics workshops focused on modelling (REVIR workshops) aimed at high school students, where we analyse the teaching discourse present in these workshops, the modelling practices in which students participate, and the progress of their ideas about forces and movement.

Existing research on teacher discourse analysis tends to focus on describing what the teacher's discourse is like (syntactically), and what the teacher's role is in the classroom. However, this research does not usually suggest ways in which teachers can articulate their discourse to engage, for example, students in scientific modeling practices or the construction of school scientific models. Nevertheless, we understand that in the science classroom, experimentation and language play a fundamental role in favoring continuity between the phenomena studied and the development of the ideas that make it possible to describe and explain these phenomena, so there is a close relationship between teacher discourse and student learning.

Thus, we propose two separate studies and a subsequent common discussion. Study 1 aims to analyze the modeling practices in which high school students engage and the progress of their ideas regarding the model of forces and motion in the context of experimental workshops focused on modeling. Study 2 aims to analyze the teaching discourse in the context of experimental workshops focused on modeling. The subsequent joint discussion aims to identify strategies in the teaching discourse that mediate the modeling practices in which high school students participate and the progress of their ideas regarding the model of forces and motion in the context of experimental workshops focused on modeling.

In order to achieve these objectives, we recorded in an audiovisual way the dialogue between teachers and students in four REVIR workshops related to force and motion models. Subsequently, we used two specific methodological frameworks for each of Studies 1 and 2. In Study 1, using a deductive and inductive approach, we identified four typologies of modeling practice linkages, which we labeled Ex, ExE, ExER and (Ex)R. In turn, we identify ten typologies of students' progress of ideas, depending on whether they are related to the

interpretation of motion, to the reasoning of the variable's velocity and acceleration, or to the conceptualization of force. Finally, we discuss the relationship between the chaining of modelling practices and the progress of ideas.

In parallel, in Study 2 we analyze the actions and agencies (communicative acts and their respective typologies) that categorize the statements that make up the teaching discourse. We approach this analysis from both a qualitative perspective, defining a taxonomy of communicative acts, and a quantitative one, analyzing the prevalence of each typology of communicative act and its statistical relationship with other variables.

Finally, in the subsequent discussion linking Studies 1 and 2, we identify specific discursive strategies that foster students' progress of ideas and their participation in modeling practices. In this way, we highlight the importance of a teaching discourse that fosters a dialogic science classroom as a central piece in learning. At the same time, we also highlight the didactic potential of some particularly valuable discursive strategies, which can guide both good lesson planning and initial teacher training in terms of managing interactions and dialogues with students.

Tabla de contenido

Capítulo 1: Introducción.	16
Capítulo 2: Marco teórico.	25
2.1. ¿Cómo entendemos la enseñanza de la ciencia?	27
2.1.1. El modelo cognitivo de la ciencia.	28
2.1.2. La ciencia escolar y las prácticas científicas.	30
2.1.3. Modelos y modelización en la propuesta de la ACE.	37
2.2. ¿Cómo son las interacciones entre alumnado y docentes en el aula de ciencias?	41
2.2.1. El diálogo, las interacciones, y la cultura de aula en la enseñanza de las ciencias.	42
2.2.2. Los principios y la estructura de una enseñanza dialógica en las clases de ciencias.	46
2.2.3. La evaluación formativa en el aula de ciencias.	60
2.3. ¿Cómo se enseña y se aprende sobre fuerzas y movimiento en el aula?	70
2.3.1. Concreción del modelo de fuerzas y movimiento.	71
2.3.2. La enseñanza y el aprendizaje del sistema de referencia y gráficas del movimiento.	76
2.3.3. La enseñanza y el aprendizaje de la velocidad y aceleración.	80
2.3.4. La enseñanza y el aprendizaje de la fuerza y las Leyes de Newton.	82
Capítulo 3: Preguntas y objetivos de investigación.	86
Capítulo 4: Metodología de investigación.	90
4.1. Marco metodológico.	93
4.1.1. Análisis sociocultural del discurso.	93
4.1.2. Un marco metodológico para el análisis del discurso de aula.	95
4.1.3. Representación de las interacción dialógicas.	99
4.2. Contexto de investigación.	102
4.2.1. Definición del proyecto REVIR.	102
4.2.2. Características didácticas del diseño de los talleres REVIR.	104
4.2.3. El rol docente en la cultura de aula del REVIR.	111
4.2.4. Taller “Estudio del movimiento de frenada de un vehículo” (EV).	114
4.2.5. Taller “Estudio de fuerzas que actúan sobre un Saltador en un salto de Puéting” (SP).	121
4.3. Toma y adaptación de los datos.	129
4.3.1. Participantes en la toma de datos.	129
4.3.2. Sistema de toma de datos mediante audio y video de los talleres REVIR EV y SP.	130
4.3.3. Organización de las horas de grabación en episodios.	132
4.3.4. Transcripciones de los episodios seleccionados.	136
Estudio 1: Prácticas de modelización en las que participa el alumnado y el progreso de sus ideas en el contexto de actividades orientadas por una instrucción centrada en la modelización.	139
Capítulo 5: Metodología para el análisis de la modelización y de los modelos del alumnado.	140
5.1. Definición de las secuencias discursivas como unidad de análisis.	142
5.1.1. Análisis del contenido científico del diálogo entre alumnado y docente.	142
5.1.2. Criterios para la definición de las secuencias discursivas.	146
5.2. Estrategias para el análisis de las prácticas de modelización.	150

5.2.1. Sistemas de categorías para el análisis de las secuencias discursivas según las prácticas de modelización.	150
5.2.2. Proceso de categorización de las secuencias discursivas según las prácticas de modelización en las que participa el alumnado.	154
5.2.3. Representación de las prácticas de modelización a lo largo de las secuencias discursivas.	155
5.2.4. Definición de tipologías de encadenamientos de prácticas de modelización.	157
5.3. Estrategias para el análisis de los progresos de las ideas del alumnado.	159
5.3.1. Criterios para la identificación de los progresos de ideas.	160
5.3.2. Categorización de las secuencias discursivas según los progresos de ideas identificados en las respuestas del alumnado.	161
5.3.3. Representación de los progresos de las ideas del alumnado a lo largo de las secuencias discursivas.	163
Capítulo 6: Resultados del análisis de la modelización y los modelos del alumnado en talleres experimentales de ciencia centrados en la modelización.	165
6.1. ¿En qué prácticas de modelización participa el alumnado en el contexto de los talleres REVIR?	167
6.1.1. Distribución de prácticas de modelización durante los talleres REVIR.	167
6.1.2. Encadenamientos de prácticas de modelización observados en los talleres REVIR.	174
6.2. ¿Qué progresos de ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento se identifican en los talleres REVIR?	196
6.2.1. Respecto a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento (Mov).	198
6.2.2. Respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas (velocidad y aceleración) (Mag).	210
6.2.3. Respecto a la conceptualización de fuerza e interacción (F).	218
6.3. ¿Cómo es la relación entre los progresos de ideas del alumnado y el encadenamiento de prácticas de modelización?	227
Estudio 2: Caracterización del discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización.	230
Capítulo 7: Metodología para el análisis del discurso docente.	231
7.1. Estrategia de análisis de datos para la categorización del discurso docente.	233
7.1.1. Análisis exploratorio con ATLAS.ti.	233
7.1.2. Refinamiento del análisis.	235
7.1.3. Triangulación de las categorías (taller SP19).	238
7.1.4. Análisis sistemático de los talleres REVIR y prueba de fiabilidad del sistema de categorías.	239
7.2. Estrategia de análisis de datos para la caracterización del discurso docente.	241
7.2.1. Recuento de enunciados del discurso docente categorizados por los actos comunicativos y sus respectivas tipologías.	241
7.2.2. Análisis descriptivo de la prevalencia de actos comunicativos.	245
7.2.3. Análisis inferencial de la prevalencia de actos comunicativos.	248
Capítulo 8: Resultados del análisis del discurso docente en el contexto de talleres experimentales de ciencia centrados en la modelización.	257
8.1. ¿Qué tipologías de actos comunicativos caracterizan el discurso docente en el contexto de los talleres REVIR?	259
8.1.1. Familia solicitar y sus respectivas tipologías de acto comunicativos (Sol).	259
8.1.2. Familia recuperar y sus respectivas tipologías de actos comunicativos (Rec).	282
8.1.3. Tipología de acto comunicativo reconocer (Rev).	294

8.1.4. Familia aportar y sus respectivas tipologías de acto comunicativo (Ap).....	295
8.2. ¿Cuál es la prevalencia de las tipologías de actos comunicativos en el discurso docente durante los talleres REVIR?	310
8.2.1. Prevalencia de tipologías de actos comunicativos según el taller.	311
8.2.2. Prevalencia de los actos comunicativos según las fases de la instrucción.	316
8.3. ¿Qué relación identificamos entre los actos comunicativos y diferentes variables del contexto educativo de los talleres REVIR (temática, equipos docentes, y diseño didáctico)?	322
8.3.1. ¿Cómo es la relación entre los actos comunicativos y la temática del taller (EV y SP)?	323
8.3.2. ¿Cómo es la relación entre los actos comunicativos y los equipos docentes que guían el desarrollo de los talleres REVIR?	329
8.3.3. ¿Cómo es la relación entre los actos comunicativos y las fases de la instrucción que estructuran los talleres (SP19, EV19, SP20, y EV20).....	338
Capítulo 9: Discusión de la relación entre el progreso de ideas del alumnado, las prácticas de modelización, y el discurso docente.	347
9.1. Estrategia discursiva “Dónde, cuándo, cómo”: Solicitar la expresión concreta de las ideas.....	355
9.2. Estrategia discursiva “Pensad si...”: Pistar y aclarar para poner a prueba las ideas.	361
9.3. Estrategia discursiva “Pero antes has dicho que...”: Recuperar para reconstruir las ideas.....	366
9.4. Estrategia discursiva “¿Sí? ¿Vale?”: Enfatizar para reforzar el consenso de las ideas.	371
Capítulo 10: Conclusiones y limitaciones	376
10.1. Conclusiones metodológicas y limitaciones de la investigación.	378
10.1.1. El contexto de los talleres REVIR es muy particular, y conlleva variables que no podemos controlar.....	378
10.1.2. No se puede capturar todo lo que sucede en el aula.	380
10.1.3. Analizar el discurso docente implica usar distintos niveles de granularidad como unidades de análisis.	381
10.1.4. Analizar el discurso docente implica definir una o varias formas de mirar influenciadas por la perspectiva teórica.	382
10.1.5. Cada herramienta digital de análisis cualitativo y cuantitativo de los datos tiene ventajas e inconvenientes.	384
10.2. Conclusiones sobre las prácticas de modelización en las que participa el alumnado de bachillerato (Estudio 1).	386
10.2.1. En el contexto de los talleres REVIR el alumnado participa en la diversidad de práctica de la modelización: uso y expresión, evaluación, y revisión de modelos.....	386
10.2.2. Las prácticas de modelización en las que se involucra el alumnado no siguen, en su totalidad, la secuencia del ciclo de modelización teórico.	387
10.2.3. Las prácticas de modelización en las que participa el alumnado se pueden agrupar en cuatro tipos de encadenamientos de modelización.....	388
10.3. Conclusiones sobre el progreso de las ideas del alumnado de bachillerato respecto al modelo de fuerzas y movimiento (Estudio 1).	390
10.3.1. En el contexto REVIR las ideas del alumnado progresan desde ideas alternativas hacia versiones más sofisticadas.....	390
10.3.2. Los progresos de ideas se distribuyen a lo largo de los talleres REVIR.	391

10.3.3. El progreso de pequeñas ideas en una discusión puede generar el progreso de una idea más compleja.	392
10.4. Conclusiones sobre el discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización (Estudio 2).	393
10.4.1. El discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización incluye un repertorio variado de actos comunicativos, agrupados en familias según la acción y diferenciados por su agencia.	393
10.4.2. Según su prevalencia, destacan en la familia de actos comunicativos de solicitar, seguida por la de reconocer, la de aportar, y finalmente, la de recuperar.....	395
10.4.3. A pesar de que todos los talleres muestran una distribución similar de actos comunicativos, existen ligeras diferencias según la fase de la instrucción, la temática y el equipo docente.....	396
10.5. Conclusiones sobre la relación entre las prácticas de modelización en las que participa el alumnado, el progreso de sus ideas, y el discurso docente (Estudios 1 y 2).....	400
10.5.1. El discurso docente varía, tanto en frecuencia como en función, según los encadenamientos de prácticas de modelización	400
10.5.2. Podemos identificar cuatro estrategias discursivas asociadas a su función en la modelización y en el progreso de las ideas.....	402
10.5.3. El uso adecuado de las estrategias discursivas, que promueven encadenamientos de prácticas de modelización que permitan el progreso de ideas del alumnado, requiere de un conocimiento didáctico del contenido por parte de los docentes.....	404
10.5.4. La cultura de aula de los talleres REVIR sigue un enfoque inspirado en la enseñanza dialógica en el que se evidencia la participación del alumnado en prácticas de modelización, como también el progreso de ideas.	405
Capítulo 11: Referencias.	410

Capítulo 1: Introducción.



Durante el año 2017, casi recién egresado del grado de profesor de matemáticas y física en educación secundaria, había presenciado clases de ciencias con estilos muy variados: aquellas muy transmisivas de conocimiento, en las que prevalecía la voz del profesorado por sobre lo que el alumnado aportaba al desarrollo de las clases; aquellas que aparentaban involucrar las aportaciones del alumnado, pero siempre pretendiendo que éstas fueran direccionadas hacia aquellas ideas científicamente aceptadas; o aquellas en las que prevalecía la voz del alumnado, pero no parecía haber un propósito o una meta clara que orientara el desarrollo de la clase. Esto me hizo preguntarme reiteradas veces, ¿cómo son las buenas clases de ciencias?, ¿cómo se complementa la voz del profesorado y alumnado?, ¿qué hace, o qué debe hacer el profesorado en las buenas clases de ciencias?

Luego, en el periodo comprendido entre los años 2017 y 2018, mientras realizaba el máster en investigación en educación en la UAB, tuve el privilegio de presenciar el desarrollo de los talleres REVIR, unos talleres experimentales de ciencias de 3 o 4 horas en los que participaba alumnado de ESO y Bachillerato dentro de su actividad lectiva curricular. Estos talleres, para mi sorpresa, parecían tener un equilibrio adecuado entre la participación del alumnado y la instrucción orientada por el profesorado. Esto me hizo pensar que estos talleres podrían parecerse a las clases de ciencias ideales: con un propósito claro, pero sin descuidar la participación del alumnado en la exploración y cuestionamiento de sus propias ideas. En base a estos talleres realicé mi TFM, el cual se centró en el progreso de las ideas del alumnado con respecto a las ideas de transferencia de energía a través del calor. En estos talleres las ideas del alumnado progresaban desde versiones menos sofisticadas (centradas en la transferencia del frío, o en la generación espontánea de calor), hacia versiones más sofisticadas (centradas en la transferencia de calor) (Vergara, López, & Couso, 2020). El

progreso de las ideas era tal que, junto con mi director y directora de tesis, nos hizo preguntarnos cómo fomenta el progreso de las ideas del alumnado el discurso de las y los docentes que guían el desarrollo de los talleres REVIR. Desde esta interrogante surge esta tesis doctoral, la que además de otorgar continuidad y complementar previas investigaciones realizadas en torno a los talleres REVIR (Garrido-Espeja, 2016; M. I. Hernández, 2011; M. B. Soto, 2019; Vergara et al., 2020), pero esta vez, focalizándonos en el rol del discurso del profesorado; permite acercarnos a una comprensión más acabada de cómo habla el profesorado en las buenas clases de ciencias.

El interés de la investigación educativa en el discurso de aula, y sus funciones cognitivas y sociales es relativamente reciente. De acuerdo a Hennessy y colegas, las primeras investigaciones datan de hace unos 50 años, coincidiendo con la posibilidad de acceder fácilmente a la tecnología que permite realizar grabaciones locales de audio (Hennessy, Howe, Mercer, & Vrikki, 2020). Tal como expone Kim y Wilkinson (2019), durante este periodo de tiempo se han realizado investigaciones que han destacado la importancia del lenguaje y el diálogo en el aula como un mediador del aprendizaje del alumnado (Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006). El lenguaje posee un rol clave como herramienta que permite pensar y mediar la propia actividad, tanto a nivel personal como también en un contexto social (Hennessy et al., 2016; Scott et al., 2006; Vygotsky, 1978; Wertsch, 1987). Así, el diálogo, que es resultado de la interacción entre dos o más personas, permite compartir ideas, focos de atención y propósitos; y así facilitar la comprensión de las ideas de otras personas para alcanzar acuerdos. De esta forma, marcos teóricos como el de la teoría socio-cultural del aprendizaje (Vygotsky, 1978; Wertsch, 1987), evaluación formativa (Bell & Cowie, 2001; Black & Wiliam, 2009; Jorba & Sanmartí, 1996; Sanmartí, 2010), modelo cognitivo

de la ciencia (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003), y enseñanza dialógica (Alexander, 2017; Scott, 1998; Scott et al., 2006), destacan el rol del profesorado y su discurso durante los diálogos con el alumnado con el objetivo de mediar el progreso de sus ideas.

En cuanto al ámbito de las ciencias y la enseñanza de las ciencias, el lenguaje y el diálogo son fundamentales para intervenir en el mundo y comunicar ideas (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003; Lemke, 1990; Van Zee, Iwasyk, Kurose, Simpson, & Wild, 2001), además de ser una herramienta clave para describir fenómenos, poner a prueba ideas, imaginarse y comunicar modelos, e interpretar situaciones (Márquez, 2002).

Sin embargo, a pesar de las investigaciones que han destacado la importancia del diálogo para guiar la participación del alumnado en el aula, el discurso docente continúa siendo el protagonista del aula de ciencias (Colley & Windschitl, 2020; Hattie, 2005). En general, tal como mencionan Black y Wiliam (2009), la organización de la comunicación entre alumnado y docente se orienta excesivamente por el esquema IRE/F, donde la retroalimentación (E/F) que los docentes de ciencias suelen dar al alumnado es del estilo “casi”, “bien”, o “cerca”: es decir, no resultan ser lo suficientemente desafiantes ni orientadoras como para mediar el desarrollo de las ideas del alumnado. Así mismo, Scott y sus colegas (2006) han destacado que la evaluación en dicho patrón de interacción no es garante de enfoques comunicativos que medien un aula dialógica. De hecho, tal como mencionan Aliberas, Gutiérrez, e Izquierdo (2019), la organización del diálogo entre alumnado y docente a través del esquema IRE/F suele tener impactos negativos en el conocimiento científico del alumnado, tal como promover el miedo a equivocarse, tendiendo a alejar al alumnado de la participación en los necesarios intercambios de ideas para co-construir ideas nuevas. El profesorado que es orientado por este esquema suele evaluar (cualificar) las actuales ideas del alumnado

(Kawalkar & Vijapurkar, 2013; Lemke, 1990) en lugar de mediar el progreso de éstas. Así, este tipo de interacción puede estar relacionado con la tendencia a que las clases de ciencia sean entendidas como clases de recitación, donde el alumnado reproduce informaciones otorgando sólo respuestas que sabe correctas (Colley & Windschitl, 2020). De hecho, la manera en que el profesorado utiliza su discurso en el aula tiene un impacto significativo en la manera en que el alumnado evalúa sus propias ideas (Mercer, 2010).

Esta situación de falta de diálogo real en el aula de ciencias puede ser debido a que involucrar al alumnado en interacciones que medien el progreso de sus ideas es una tarea altamente demandante para los docentes (Hennessy et al., 2016). De hecho, tal como mencionan Ruiz-Primo y Furtak (2007), en el último momento del esquema IRE/F, el profesorado debe estar atento a ajustar su discurso al nivel de las ideas del alumnado, dar continuidad al desarrollo de dichas ideas y así mediar su progreso hacia aquellas ideas más sofisticadas. Además, tal como menciona Michaels y O'Connor (2009), el profesorado suele tener dificultades para identificar preguntas adecuadas que orienten las discusiones con el alumnado, lo que se ve reforzado por la incerteza de la dirección que tomará el diálogo (Aliberas et al., 2019).

Bajo la mirada del marco de la enseñanza dialógica, y tal como mencionan Mercer (2010) y Kim y Wilkinson (2019), la incorporación de estrategias discursivas dialógicas en el quehacer docente tiene efectos que resultan beneficiosos para el aprendizaje del alumnado. Son muchas las investigaciones que se han realizado con la finalidad de conocer las estrategias que el profesorado de ciencias incorpora en su discurso para guiar discusiones con el alumnado y el respectivo progreso de sus ideas personales a ideas más acordes con la ciencia (Garrido-Espeja, 2016; Hennessy et al., 2016; Kawalkar & Vijapurkar, 2013; Michaels & O'Connor, 2015; Roca, Márquez, & Sanmartí, 2013; Ruiz-Primo & Furtak, 2007; Williams & Clement,

2015). Estudios como los de Michaels y O'Connor (2009), y Alexander (2017), parecieran sugerir que el profesorado que se desenvuelve mejor en el aula a través de su discurso tiende a disponer de algunas estrategias discursivas concretas. Dichas estrategias discursivas pueden ser entendidas como un conjunto de herramientas que el profesorado puede combinar para orientar su discurso en el aula de ciencias. De esta manera, tal como menciona Ruiz-Primo y Furtak (2007), otorgar herramientas al profesorado para organizar su discurso en el aula de ciencias facilita la adaptación de su discurso a las cambiantes ideas del alumnado y le permite disponer de un repertorio de estrategias que oriente su discurso en las diversas situaciones que pueden acontecer en el aula de ciencia. Cuando la interacción entre alumnado y docente se aleja del esquema IRF, el alumnado tiende a adoptar un rol más activo, y se produce una interacción que es más cercana a una interacción dialógica (Aliberas et al., 2019). Sin embargo, alejarse de este patrón comunicativo no es fácil: en el contexto concreto de la enseñanza de las ciencias, Khan (2011) ha destacado cómo incluso el profesorado que realiza sus clases desde un enfoque centrado en la construcción de ideas de ideas del alumnado y en las prácticas de la ciencia, como la modelización, tiende a poseer un discurso que no se relaciona con dicho enfoque.

Así, a pesar de la creciente cantidad de estudios sobre el discurso docente en general, y sobre el discurso docente para promover la construcción de ideas y la modelización, tal como menciona Williams y Clement (2015), es necesario continuar investigando en simplificaciones y/o reducciones de la cantidad de categorías que caracterizan el discurso docente, de tal modo que el profesorado pueda acceder fácilmente a éstas para utilizarlas en el aula. Además, es importante continuar trabajando en la comprensión de estas estrategias y la manera en que éstas orquestan los diálogos con el alumnado (Lehesvuori & Ametller,

2021). En palabras de Williams y Clement (2015), la respuesta a cómo mediar el aprendizaje del alumnado en el aula de ciencia suele ser a través del andamiaje. Sin embargo, aún son pocos los estudios que orientan cómo hacerlo, por lo que investigar sobre el rol del discurso docente en el aula de ciencia puede ser un área de investigación fructífera si se orienta a la obtención de resultados sobre cómo el alumnado aprende a través del diálogo (Chin, 2007). Es decir, tal como menciona Michaels y O'Connor (2009), es necesario seguir profundizando en una comprensión más acabada de aquellos enunciados que permiten al profesorado orquestar el aula para que el alumnado permita aproximar sus ideas hacia aquellas didácticamente más aceptadas. Y también es necesario comprender en qué momentos oportunos el profesorado utiliza ciertas estrategias discursivas para mejorar y potenciar el aprendizaje y el progreso de las ideas del alumnado así como su participación en las prácticas de la ciencia.

En consecuencia, y con el propósito de no sólo contribuir a la investigación en este ámbito, sino sobre todo apoyar la labor docente en la planificación y orquestación de un discurso en el aula de ciencias que medie el progreso de las ideas del alumnado y su participación en las prácticas de la ciencia, en esta tesis nos proponemos analizar y documentar algunas posibles “buenas prácticas” del mismo que puedan iluminar el camino. Para ello, seleccionamos un contexto de clases de ciencia *ad hoc*, que cuenta con larga tradición en su enfoque centrado en la modelización y la interacción dialógica, y sobre el que existe suficiente control didáctico (plantificación, formación de docentes, regulación) para que las variaciones propias del contexto educativo, tales como el tema estudiado, el alumnado que asiste, las docentes que guían su desarrollo y el diseño didáctico, no interfieran demasiado en el discurso docente característico de este contexto. En el caso de esta investigación, este contexto controlado es

el de los talleres REVIR, aludidos en el inicio de esta introducción. Se trata de talleres experimentales de ciencia diseñados por expertos en didáctica de las ciencias, centrados en la modelización y que, de acuerdo a sus autores, promueven una enseñanza de las ciencias dialógica a estudiantes de secundaria y bachillerato. Analizar el discurso, así como el progreso de ideas y la participación en prácticas de modelización en estos talleres, nos puede servir tanto para garantizar que los talleres REVIR son de la calidad didáctica y discursiva que se espera de ellos, como para, en su caso, aprender de esta posible buena práctica docente. Creemos firmemente que el discurso docente, si bien requiere de una alta dosis de flexibilidad y capacidad de adaptación a la contingencia del aula, no puede ser totalmente espontáneo. Por ello, esta tesis tiene el propósito de iluminar y dar soporte al profesorado en formación y en ejercicio que planifica el discurso docente de sus clases, por ejemplo, planteándose qué preguntas son clave hacer, y cómo hacerlas, o qué ideas del alumnado recuperar y cuándo. Para ello, consideramos que analizar y compartir qué tipo de discurso se da en un contexto bien diseñado y controlado, así como qué efectos tiene este discurso en el aprendizaje de ideas y en la participación en prácticas de la ciencia, puede resultar de utilidad en el área de didáctica de las ciencias. De hecho, coincidimos con otros autores en que esto supondría un paso hacia un apoyo a la profesionalización de la labor docente (Rojas-Drummond, Torreblanca, Pedraza, Vélez, & Guzmán, 2013). Por un lado, compartiendo con el profesorado la importancia de un discurso de aula de ciencias y haciéndolo consciente de su rol como orquestador del diálogo que ahí transcurre. Por otro, otorgando importancia desde la formación docente, no tanto a los recursos didácticos, ni a las metodologías educativas, sino que a las maneras de organizar el discurso de acuerdo a enfoques comunicativos acordes

a la cultura de aula que se pretende promover, y que, para nosotros, no puede ser otra que un aula dialógica orientada a aprender ciencias y sobre ciencias, haciendo ciencia.

Capítulo 2: Marco teórico.



Una vez planteado el problema del que surge esta investigación, es necesario abordar el conjunto de teorías y perspectivas que permitan mirar de forma particular el discurso docente en actividades de modelización sobre fuerzas y movimiento.

En el primer apartado del marco teórico hablaremos de cómo entendemos la enseñanza de las ciencias, partiendo de una forma de enseñar ciencias que se centra en las prácticas científicas análogas a las de la ciencia (Izquierdo, Sanmartí, & Espinet, 1999; NRC, 2012; Osborne, 2014), la cual ha sido reconocida como una forma más precisa de entender la ciencia escolar (Grandy & Duschl, 2007). Para ello, hablaremos de la actividad científica escolar (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009; Izquierdo, Espinet, et al., 1999) y de la importancia de una enseñanza y aprendizaje de las ciencias centrada en modelos científicos (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009; Gilbert, 2004).

En el segundo apartado del marco teórico abordaremos las interacciones entre alumnado y profesorado desde la perspectiva de la teoría sociocultural del aprendizaje (Vygotsky, 1978; Wertsch, 1987), adentrándonos en el diálogo en el aula de ciencias y su rol protagónico en el aprendizaje del alumnado. Hablaremos de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017; Scott, 1998; Scott et al., 2006) y de la importancia del discurso del profesorado en la evaluación del alumnado (Bell & Cowie, 2001; Black & Wiliam, 2009; Jorba & Sanmartí, 1996; Sanmartí, 2010).

Finalmente, en el tercer apartado hablaremos de la didáctica de las fuerzas y el movimiento, proponiendo una concreción de este modelo científico escolar y una revisión de las estrategias de enseñanza y las dificultades de aprendizaje sobre movimiento, sobre velocidad y aceleración, y sobre fuerzas y Leyes de Newton (Liu y Fang, 2014; Viennot, 1978).

2.1. ¿Cómo entendemos la enseñanza de la ciencia?

La didáctica de las ciencias ha transitado a través de distintas perspectivas desde los años 50 del siglo pasado. En un principio, pretendía que la enseñanza de las ciencias se centrara en cómo hacer que el alumnado pensara como científico o científica, apuntando a que el alumnado continuara con estudios superiores relacionados a carreras afines. Este enfoque perduró unos treinta años, hasta que un cambio de paradigma hizo que la investigación se centrara en lo que el alumnado sabía y cómo lo sabía. Y no es hasta los años 90 en los que comienza a prevalecer una perspectiva centrada en la alfabetización científica del alumnado. Desde la propuesta de la Actividad Científica Escolar (ACE) (Izquierdo, et al., 1999), se aboga por una enseñanza de las ciencias centrada en que el alumnado piense, haga y hable como un científico escolar, y que el conocimiento desarrollado sea útil para describir, explicar y predecir fenómenos con los que el alumnado puede interactuar cotidianamente. De hecho, tal como menciona Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003), este es uno de los puntos que es epistemológicamente concordante con la idea de ciencia a la que adherimos: como una actividad humana, social y cognitiva para el desarrollo de ideas que permitan otorgar sentido al mundo e intervenir en éste. Además, este enfoque de ciencia escolar es concordante con una perspectiva sociocultural del aprendizaje, donde la actividad social, cognitiva y discursiva tienen un rol central en el desarrollo de las ideas del alumnado.

Esta visión de una enseñanza de las ciencias centrada en que el alumnado piense, haga y hable como un científico escolar es lo que en el contexto internacional se conoce como marco de las prácticas científicas. Ambos marcos proponen que el alumnado aprenda ciencias

participando en prácticas científicas análogas a las de la ciencia, tales como la indagación, argumentación, y en particular, la modelización (Osborne, 2014; Jiménez-Aleixandre, 2012). A continuación presentamos la visión que tenemos sobre la ciencia y la actividad científica escolar, que han sido los referentes principales con los que hemos abordado los estudios de esta tesis.

2.1.1. El modelo cognitivo de la ciencia.

El llamado modelo cognitivo de la ciencia (MCC) (Adúriz-Bravo & Morales, 2002; Giere, 1988; Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo, et al., 1999) establece que la construcción de conocimientos científicos no se diferencia radicalmente de las maneras en que las personas construyen conocimientos para intervenir en los fenómenos con los que conviven. Según el MCC, la ciencia es una actividad humana racional, cuyo objetivo es desarrollar, poner a prueba, consensuar y comunicar, a través de diversos lenguajes, conocimientos teóricos y prácticos para interpretar el mundo y sus fenómenos. Estos conocimientos son resultado de la capacidad humana de percibir la realidad a través de los sentidos y otras herramientas, así como de elaborar ideas que permitan explicarla. Dichas ideas son discutidas y puestas a prueba por cierta comunidad científica, o personas interesadas en saber cómo funciona algún aspecto de la realidad, para luego ser aceptadas como un conocimiento que permita comprender e intervenir en ella. Es interesante mencionar que el MCC destaca que el conocimiento científico que es resultado de un intercambio de ideas entre personas que desean comprender la realidad, no necesariamente implica un conocimiento científico sofisticado asociado a ecuaciones matemáticas o enunciados que se asemejen a una teoría científica. En ese sentido, el MCC implica un intercambio de ideas en diferentes formatos

que permita el desarrollo de conocimiento que sea útil para comprender e intervenir en el fenómeno o aspecto de la realidad que se desee, al nivel que se desee (Paz, 2015). De esta forma, la ciencia puede ser concebida como una actividad cognitiva, discursiva y social, donde los aspectos racionales y discursivo-sociales son esenciales para la construcción de conocimientos por cierta comunidad, o grupo de personas (Izquierdo, et al., 1999). Esta perspectiva cognitiva y social de la ciencia permite la conexión entre la ciencia que es desarrollada por comunidades científicas eruditas y aquella que puede ser desarrollada en el ámbito escolar.

En este sentido, denominamos actividad científica a las maneras de pensar, hacer y hablar (incluso ser) propias de la ciencia, realizadas con la finalidad de comprender ciertos fenómenos a través de conocimientos, teóricos y prácticos, estructurados y relacionados entre sí (Izquierdo, et al., 1999). Su origen se encuentra en lo que se desea conocer, en la percepción humana del mundo a través de los distintos sentidos y con distintas herramientas, así como en la capacidad de plantear interrogantes que son abordadas por medio de procesos concretos, guiados y evaluados según criterios propuestos por la comunidad científica de referencia, los cuales se revisan y cambian a lo largo del tiempo (Izquierdo, 2007). Así, los conocimientos que son resultado de la actividad científica tienen especial importancia por orientar las maneras en que las personas pueden intervenir en el mundo (Izquierdo, 2007). De esta forma, la ciencia y la actividad científica es responsable de comunicar los conocimientos que surgen de dicha actividad, no sólo dentro de la misma comunidad científica, sino que también con aquellas personas que en el día a día conviven con los fenómenos cotidianos (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003).

Así mismo, tal como hemos mencionado previamente, uno de los objetivos principales de la ciencia es que las personas puedan intervenir en el mundo teniendo en consideración los conocimientos que son resultado de la actividad científica. Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003) mencionan que este objetivo, que se corresponde con una perspectiva cognitiva de la ciencia, permite la conexión entre la ciencia que es desarrollada por comunidades científicas eruditas y aquella que puede ser desarrollada en el colegio. De hecho, estos mismos autores destacan que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias son parte de la actividad científica, por lo que la ciencia que es desarrollada en ámbito escolar puede ser considerada como una ciencia por sí sola.

2.1.2. La ciencia escolar y las prácticas científicas.

Hemos mencionado que uno de los objetivos de la ciencia y la práctica científica, desde la perspectiva del MCC, es el desarrollo de conocimientos que permitan a las personas intervenir en el mundo en el que se desenvuelven. Desde este punto de vista, la perspectiva cognitiva y social de la ciencia permite su relación con aquella ciencia que es desarrollada en el ámbito escolar. Es decir, el MCC permite proponer una ciencia escolar que es coherente con el objetivo de enseñar al alumnado a pensar, hacer, hablar (e incluso ser) como científicos y científicas (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003). Sin embargo, existe una diferencia fundamental. Mientras la ciencia se preocupa del desarrollo de nuevos conocimientos, la ciencia que se lleva a cabo en el ámbito escolar se preocupa de que el alumnado desarrolle conocimientos que le permitan comprender su mundo a partir de conocimientos existentes que consideramos importantes (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003). Es decir, la ciencia escolar corresponde a aquella ciencia que promueve el desarrollo y comunicación de conocimientos

teóricos y prácticos existentes que son significativos para que el alumnado logre intervenir en la realidad en la que se desenvuelve, así como también importantes desde una perspectiva democrática y cultural.

2.1.2.1. La actividad científica escolar.

La actividad científica escolar (Izquierdo, et al., 1999) corresponde a una propuesta didáctica que surge desde el modelo cognitivo de ciencia (Giere, 1988) que aboga por un hacer, pensar, hablar y ser (una cultura del aula de ciencias) similar o análoga a la de la ciencia. Es decir, por un lado, la ciencia escolar adopta y emula las características cognitivas, sociales, y discursivas de la ciencia, involucrando a los alumnos en las esferas de actividad científica. Y por otro, la construcción de conocimientos científicos en la ciencia escolar se centra en algunas teorías, modelos e ideas que ya han sido estudiadas cabalmente por la ciencia, y que son aquellos que resultan ser de mayor importancia para que el alumnado se desarrolle en su entorno cotidiano e intervenga en éste. Tal como mencionan Izquierdo et al. (1999), el desarrollo de clases de ciencias orientadas por la actividad científica escolar media la implementación de escenarios propicios para que el alumnado haga, piense, diga, escriba, y exprese sus ideas como un científico escolar.

La perspectiva de la ACE enmienda la idea que conocer contenidos científicos debe centrarse exclusivamente en conocer los productos de la ciencia. De hecho, analogías como el “el alumnado como científico” o “pensar como científico” eran algunos de los mantras que orientaban la manera de enseñar y aprender ciencias (Duschl, 2008; Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003). No obstante, desde la ACE aprender ciencia no involucra reproducir o memorizar los contenidos científicos, sino que, por el contrario, uno de los grandes objetivos

de la ciencia escolar desde la perspectiva de la ACE es centrarse en los procesos de la ciencia, es decir, en las prácticas cognitivas, sociales y discursivas que permiten desarrollar conocimientos científicos de una forma epistémicamente concordante con la ciencia erudita (Duschl & Grandy, 2013). Es decir, se trata de reproducir en el aula un proceso que promueva que el alumnado exprese sus ideas intuitivas relacionadas a cierto fenómeno, que éstas sean cuestionadas y/o enriquecidas a través del trabajo empírico y experimental, y que dichas ideas sean revisadas y consensuadas a través de un constante intercambio de ideas entre alumnado y profesorado. De esta manera, tal como sugieren Chin (2007), y Duit y Treagust (1998), el aprendizaje de las ciencias se produce en un contexto social, el que conlleva una profunda implicación del alumnado (Lehesvuori & Ametller, 2021) en el proceso de construcción y desarrollo de ideas relacionadas a modelos científicos. En esta misma línea, Roychoudhury y Roth (1996) sugieren que aprender ciencias involucra que el alumnado construya explicaciones de los fenómenos estudiados mientras comprende por qué hace lo que hace, o porqué es necesario aprender lo que el profesorado pretende que el alumnado aprenda. De hecho, esta perspectiva es respaldada por Sanmartí (2010), quien menciona que aprender involucra reconocer cómo las nuevas informaciones invitan a cuestionar y revisar las maneras de pensar, hablar, sentir, o valorar. Así, el objetivo de que el alumnado aprenda ciencias es que desarrolle habilidades como maneras de pensar, hacer y hablar que le permitan comprender, desarrollar y evaluar afirmaciones, explicaciones, preguntas, ideas, y diseños experimentales (Duschl & Gitomer, 1997). Así también, se espera que el alumnado desarrolle ideas, modelos, y lenguajes, que les permitan describir, explicar y predecir fenómenos pertenecientes al entorno social y tecnológico en el que se desenvuelven (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003; Osborne, 2013). De esta forma, la enseñanza de las ciencias en el

contexto de la ACE requiere que el profesorado involucre al alumnado y sus ideas en el proceso de construcción de significados, pretendiendo desarrollar aquellas ideas científicamente más aceptadas de una forma epistémicamente coherente (Lehesvuori & Ametller, 2021).

2.1.2.2. Las prácticas científicas de la ciencia escolar.

En paralelo a la perspectiva de la ACE, otra perspectiva complementaria que tiene un amplio consenso en el área de didáctica de las ciencias, y que cada vez tiene mayor presencia en las orientaciones curriculares (NRC, 2012) es el de las prácticas científicas. Kelly y Chen (1999) y Osborne (2014) han caracterizado la ciencia como un conjunto de prácticas. Esto, en conjunto con una conceptualización de la ciencia como una actividad humana, social y cognitiva, sobre la cual filósofos como Giere (1988) han reflexionado, ha permitido reflexionar sobre la manera en que cómo se enseñan las ciencias en la escuela. De esta manera, durante los últimos 30 años, investigaciones como las de Osborne (2014) y marcos para la enseñanza de las ciencias como el de la NRC (2012), han abogado por una enseñanza que sea epistémicamente concordante con la actividad científica erudita. Así, el marco de las prácticas científicas promueve que el alumnado participen en actividades científicas de naturaleza cognitiva y social pretendiendo que dichas actividades sean análogas a las de la ciencia, con el objetivo de construir ideas que permitan comprender fenómenos del mundo con el que conviven. Así, enseñar y aprender ciencias en la escuela supone que el alumnado desarrolle una manera de hacer, pensar y hablar análoga a la de la ciencia que les permita tomar decisiones informadas sobre los fenómenos que les rodean (Couso & Garrido-Espeja, 2017; Izquierdo, et al., 1999; NRC, 2012). De esta manera, la actividad científica escolar, se

define a través prácticas científicas análogas a las de la ciencia erudita, como las de modelización, centrada en la construcción de ideas, modelos y teorías; indagación, centrada en la recogida y análisis de datos obtenidos desde la experimentación u observación de fenómenos; y argumentación, centrada en la evaluación de pruebas (Duschl & Grandy, 2013a; Osborne, 2014). Así, introducir las formas de hablar, hacer, pensar y ser de la ciencia en el aula, tal y como se propone desde la perspectiva de la actividad científica escolar, es abogar por una enseñanza de las ciencias que incorpore las diferentes prácticas científicas o esferas de actividad de la ciencia, incluyendo la indagación, la modelización y la argumentación (Izquierdo, Sanmartí, et al., 1999; Kelly & Chen, 1999; Muñoz-Campos, Franco-Mariscal, & Blanco-López, 2020; Osborne, 2014).

La modelización es una práctica científica fundamental, ya que el principal objetivo de la ciencia es desarrollar ideas, modelos y teorías que permitan intervenir en el mundo (Giere, 1988; Izquierdo, Sanmartí, et al., 1999). Esto no es ajeno al contexto escolar, ya que, tal como dijimos en relación con la ACE, aprender ciencias en la escuela supone construir ideas potentes para explicar el mundo cotidiano que rodea al alumnado. Así, una esfera de actividad clave de la ciencia es la modelización, entendida como el proceso de creación, construcción, y refinamiento de modelos (Oh & Oh, 2011), y de la cual hablaremos con más detalle en los apartados posteriores. Esta práctica científica permite que el alumnado compare sus actuales ideas y puntos de vista con aquellas nuevas maneras de interpretar los fenómenos que surgen del debate de quienes participen en la práctica de modelización (Jorba & Sanmartí, 1996). Durante este proceso, y a lo largo de la escolaridad, se espera que el alumnado sea capaz de ir proponiendo y modificando/re-construyendo sus propias ideas y modelos, para que éstos

sean más cercanos a aquellos modelos científicamente aceptados y didácticamente reconstruidos.

A través de la indagación, tal como menciona Muñoz-Campos et al. (2020), se espera que el alumnado construya ideas a través de la formulación de preguntas respecto a un fenómeno, y diseñe procedimientos experimentales para darles respuesta, con la finalidad de construir nuevo conocimiento que permita entender dicho fenómeno y otros similares al que ha sido estudiado.

Finalmente, a través de la argumentación, tal como sugiere Jiménez-Aleixandre (2010) y (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017), el alumnado evalúa sus ideas, o las del resto, en base a pruebas. Es decir, se espera que el alumnado reconozca que las ideas concluidas deben estar justificadas a partir de pruebas existentes.

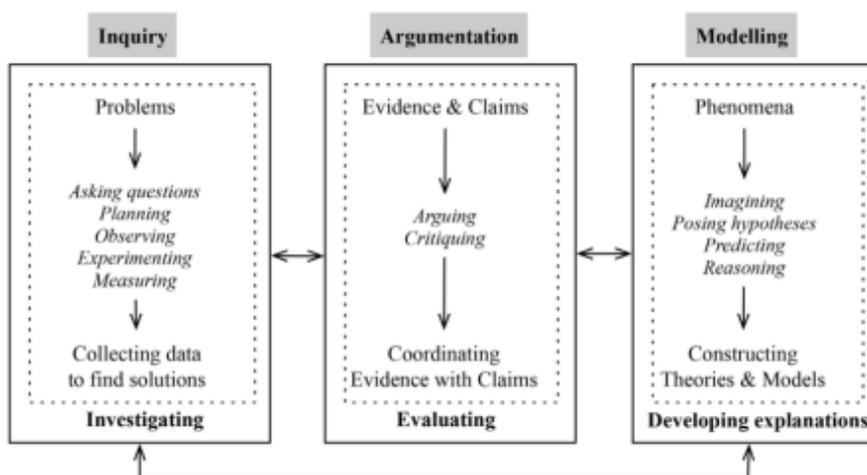


Fig. 2.1.a. Diagrama de las prácticas científicas (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017, p. 73).

De esta forma, la actividad científica escolar es el nexo que permite la transición entre la ciencia y los respectivos problemas a los que pretende responder, y aquella ciencia que permite aproximarse a la comprensión del entorno cotidiano y a la intervención en éste. Tal

como sugiere Muñoz-Campos et al. (2020), la participación del alumnado en las prácticas científicas previamente mencionadas pueden mediar que el alumnado, en su rol de ciudadanas y ciudadanos durante su vida diaria, tome decisiones relacionadas a los problemas, retos, desafíos y cuestiones socio-científicas a las que se enfrenta la sociedad en la que se desenvuelven.

2.1.2.3. El lenguaje en la propuesta de la ACE.

En la consecución de estos objetivos de aprender ciencias, el lenguaje juega un rol importante. En palabras de Izquierdo et al. (1999), el progreso de las ideas es mediado a través de la experimentación que pone a prueba dichas ideas, y a través del lenguaje, que permite no sólo expresar esas ideas en diversos formatos, sino discutir las, cuestionar las, evaluar las, revisar las y reformular las. La importancia de este último ha sido destacada por diversos autores y autoras desde la década de los 90, muy influenciados por las teorías socio-constructivistas del aprendizaje (Lemke, 1990; NRC, 2000) y principalmente desde el marco de la argumentación (Chin & Osborne, 2010; Duschl, 1998; Sardà & Sanmartí, 2000). De esta manera, ha ido surgiendo la necesidad de otorgar mayor relevancia a los aspectos discursivos vinculados a la actividad científica que surge dentro del aula de ciencia. Tal como menciona García-Carrión y sus colegas (2016), el lenguaje es una herramienta que media el desarrollo de las propias ideas, y aquellas que se desarrollan en un entorno social. Además, dadas las distintas experiencias del alumnado al interactuar con su entorno, resulta relevante contar con una manera común para referirse al fenómeno y a las ideas que permiten describirlo y/o explicarlo. Así, el lenguaje en el aula de ciencia permite expresar, compartir, y comprender las propias ideas y las de las otras personas, facilitando el alcance de acuerdos

y la construcción de ideas científicamente aceptadas. Además, en la misma línea de lo que menciona Bakhtin (1981), aquel aprendizaje que es resultado de una cadena de diálogos tiende a ser más significativo que aquel que es desarrollado por una persona en solitario. En particular, Izquierdo et al. (1999) menciona que las discusiones sobre experimentos, y los resultados que estos conllevan, permiten el desarrollo de consensos que conducen a las ideas del alumnado hacia el conocimiento científico escolar que se pretende que sea alcanzado por el alumnado. Esto es respaldado por Jorba y Sanmartí (1996), quienes mencionan que el aprendizaje es un proceso de regulación que involucra una discusión de las nuevas experiencias, y las respectivas ideas que surgen de éstas. De esta forma, el lenguaje, además de jugar un rol crucial configurando aquellas ideas que se pretenden alcanzar, determina el proceso mediante el cual se construyen dichas ideas (Lehesvuori & Ametller, 2021).

2.1.3. Modelos y modelización en la propuesta de la ACE.

Tal como mencionan Oh y Oh (2011), existe un amplio consenso en la comunidad vinculada a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias sobre la importancia de los modelos; sin embargo, esto no suele ser así con respecto a su significado. Oh y Oh (2011), luego de rescatar algunas de las más relevantes definiciones de modelo propuestas en la literatura, definen modelo como una representación de entidades, tales como objetos, fenómenos, procesos, o ideas, que actúa como mediador entre la teoría y el fenómeno que se pretende estudiar, ya que ayuda a desarrollar teorías desde los datos recogidos con el objetivo de comprender algún fenómeno del mundo. En palabras de Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009), los modelos son proyecciones de las teorías científicas a hechos concretos del mundo real que determinan las “reglas del juego” que permiten describir, explicar y/o predecir aspectos de dicho fenómeno,

o uno similar. Dichos modelos suelen ser elaborados de manera imaginativa con el objetivo de que sugieran las características de los fenómenos y cómo dichas características se relacionan (Izquierdo, et al., 1999). En este sentido, los modelos facilitan la comprensión del mundo real (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009), y a través de la simplificaciones del mundo real y algunos lenguajes específicos para aludir a las "reglas del juego", permiten a las personas actuar sobre un fenómeno, ya sea describiéndolo, explicándolo, experimentando en torno a éste, y siendo capaces de predecir lo que sucederá.

De esta manera, tal como mencionan Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003), resulta importante que la investigación en educación científica cuente con un conjunto de modelos apropiados que permitan que el alumnado de secundaria pueda comprender los fenómenos con los que interactúa regularmente. Dichos modelos pueden ser versiones simplificadas de aquellos utilizados por la ciencia erudita, pero nunca contradictorios (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003). De esta manera, y en consonancia con propuestas internacionales como la de grandes ideas de la ciencia de Harlen (2010), la ACE aboga por una ciencia escolar en la que el alumnado construya modelos con una gran capacidad descriptiva, explicativa y predictiva para comprender fenómenos a los que se puede enfrentar el alumnado durante su vida. Estos modelos, denominados Modelos Científicos Escolares o MCE (Izquierdo, Sanmartí, et al., 1999) son resultado de la re-construcción de ideas científicas para que puedan ser adecuadamente aprendidas, de forma que se redefinen a lo largo de toda la escolaridad para ser adecuados en cada momento (Garrido-Espeja, 2016). Los MCE, o los modelos que queremos que el alumnado aprenda a lo largo de la escolaridad, no son conocimientos que puedan aprenderse de forma declarativa por parte del alumnado. Al contrario, desde la perspectiva de la actividad científica escolar o prácticas científicas presentada, los modelos

se construyen y reconstruyen en el aula de ciencias y por cada alumno/a a partir de sus ideas iniciales. Este proceso de construcción de ideas orientado a la construcción de MCE que ocurre en el aula es la modelización escolar constituye una de las esferas de actividad de la ciencia.

En este sentido, coincidimos con autores como Windschitl, Thompson y Braaten (2008) que es importante que el alumnado sea partícipe de prácticas de modelización, es decir, de la construcción de su propias ideas a través del uso, expresión, evaluación y revisión de éstas, pretendiendo que sean cada vez más sofisticadas y cercanas a las de la ciencia, es decir, a los MCE. Así también, otro de los principales objetivos de que el alumnado participe en las prácticas de modelización reside en que el alumnado adquiera conocimiento epistémico que le permita construir y evaluar el conocimiento científico de forma análoga a como lo hace la ciencia, y que esto le permita no solo aprender modelos al modelizar, sino también aprender a modelizar y entender qué papel tiene esa práctica en la ciencia (Osborne, 2014; Schwarz et al., 2009).

Cuando las prácticas de modelización en las que participa el alumnado se estructuran en fases orientadas por el uso y expresión, evaluación, y revisión y consenso de las ideas del alumnado, es posible hablar de un ciclo de modelización (Couso & Garrido-Espeja, 2017). En esta propuesta, la acción docente, ya sea en el diseño de la actividad, o también en su guiage en el aula, va orientada a promover la expresión, cuestionamiento o evaluación, revisión y consenso de las ideas del alumnado. En la figura 2.1.a exponemos el ciclo de modelización al cual adherimos en esta investigación.



Fig. 2.1.a. Ciclo de modelización propuesto en Couso y Garrido-Espeja (2017, p.139).

Investigaciones como las de Couso y Garrido-Espeja (2017), Hernández, Couso y Pintó (2015), Soto, Couso, López y Hernández (2017), Tena (2022), y Vergara, López, y Couso (2020) evidencian cómo clases de ciencias con un enfoque centrado en la modelización y guiado por el ciclo de modelización expuesto en la figura 2.1.a, median el progreso de las ideas del alumnado. Así también, en todas estas investigaciones se ha puesto de manifiesto que en este proceso de construcción y reconstrucción de ideas que implica la modelización la participación docente guiando al alumnado es crucial (García-Lladó, 2019), sobre todo a través de su discurso (Williams & Clement, 2015).

2.2. ¿Cómo son las interacciones entre alumnado y docentes en el aula de ciencias?

La creciente investigación en psicología y en educación ha puesto de manifiesto la importancia de las interacciones y el diálogo en el aprendizaje (NRC, 2000; Racionero & Padrós, 2010). La colaboración entre las personas que participan de una interacción otorgan oportunidades de negociación de ideas y puntos de vista que median el alcance de consensos (Roychoudhury & Roth, 1996). Este enfoque se deriva desde la teoría sociocultural del aprendizaje (Vygotsky, 1978), en la que se enfatiza que el aprendizaje es resultado de las interacciones entre las personas, mediadas por el lenguaje. En consecuencia, en Vygotsky y seguidores se otorga un papel crucial no sólo al lenguaje, sino también al otro, particularmente al adulto o docente, en el aprendizaje. Su relevancia ha sido tal que, tal como mencionan García-Carrión et al (2016), las teorías actuales fundamentadas en este enfoque son aquellas que mejor explican el aprendizaje de las personas. Por ejemplo, desde el marco de la evaluación formativa (Bell & Cowie, 2001), las interacciones entre alumnado y docente resultan ser importantes ya que otorgan la oportunidad para que el alumnado reciba retroalimentación sobre lo que el alumnado sabe y hace. En este sentido, tal como menciona Roychoudhury y Roth (1996), las interacciones entre alumnado y docente en el aula de ciencia otorgan los espacios para que el profesorado supervise la participación del alumnado y el progreso de sus ideas.

2.2.1. El diálogo, las interacciones, y la cultura de aula en la enseñanza de las ciencias.

2.2.1.1. La relevancia del diálogo y las interacciones en el aula de ciencias.

En palabras de Howe y Abedin (2013), entendemos el diálogo como los intercambios verbales en los que una persona se dirige a otra/s y al menos una de esas personas responde. Es decir, es un intercambio continuo de enunciados entre personas, donde cada enunciado tiene relación con el enunciado previamente mencionado. Su importancia es tal que autores como Mercer (2002); Nystrand, Gamoran, Kachur, Prendergast, y York (1997); y Wells (1999) han entendido el diálogo como el medio que permite el aprendizaje. Así también, tal como menciona Nystrand et al. (1997), la relevancia del diálogo no sólo se mide en función de los resultados que ha permitido alcanzar, sino que también reside en el proceso. Esto es debido a que la participación en interacciones centradas en diálogos media el desarrollo de ideas a nivel intra e interpersonal.

En el aula de ciencias, diversos marcos teóricos han dado un papel protagónico al diálogo. Así, marcos como el de la evaluación formativa (Bell & Cowie, 2001; Black & Wiliam, 2009; Sanmartí, 2010), la Actividad científica escolar, que se ha discutido en el apartado anterior (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo, et al., 1999), o la enseñanza dialógica (Alexander, 2017; Scott, 1998; Scott et al., 2006), han destacado el rol del profesorado y su discurso durante las interacciones con el alumnado, con la finalidad de mediar el progreso de sus ideas. En el aula de ciencias, tal como enfatiza García-Carrión et al. (2016), el diálogo que surge de la interacción entre alumnado y docente tiene especial relevancia al permitir

compartir los focos de atención, los propósitos, y las ideas de las otras personas, favoreciendo el desarrollo de instancias que permitan alcanzar acuerdos sobre ideas especialmente anti intuitivas. O así también, tal como destaca Bell y Cowie (2001), el diálogo en el aula de ciencias tiene especial relevancia al permitir la clarificación de las ideas del alumnado en vistas de la construcción de otras didácticamente aceptadas. De esta forma, dada la relevancia de las interacciones y el diálogo en el aula, resulta importante acercarnos a una comprensión más acabada de éstas (Candela, 2005), a través del estudio del discurso de aula y de las culturas de aula que éste promueve.

2.2.1.2. El discurso de aula y el discurso docente en las clases de ciencias.

Muchos son los autores y autoras que han destacado el discurso de aula como objeto de estudio (Alexander, 2017; Chin & Osborne, 2010; Kim & Wilkinson, 2019; Lemke, 1990; Mercer, 2010; Mercer & Howe, 2012; Michaels & O'Connor, 2015; Resnick, Asterhan, & Clarke, 2015; Roychoudhury & Roth, 1996; Scott, 1998; Scott et al., 2006). Basados en estos autores, nos referiremos al discurso de aula como un tipo de discurso que es conformado por los encadenamientos de enunciados emitidos por el alumnado y los docentes, habitualmente guiado por los enunciados del profesorado, y que es resultado de la interacción y diálogo del profesorado con el alumnado. Dentro de esta definición, entenderemos la interacción como aquellas situaciones que proporcionan una oportunidad para negociar ideas entre personas (Roychoudhury & Roth, 1996). Así, el discurso de aula de calidad (Alexander, 2001) permite involucrar al alumnado, lo que según Nystrand et al. (1997) se resume en la consideración de las ideas y puntos de vista propios y los del resto, con el objetivo de generar una tensión entre éstas, permitiendo así la discusión, progreso y consenso de sus ideas. Además, el discurso no

es sólo importante por su papel en el aprendizaje de ideas concretas, sino por su papel respecto a como se piensa en general. De acuerdo a Bakhtin (1981) en García-Carrión y colegas (2016) el discurso habitual en el que se involucra el alumnado acaba siendo internalizado por el mismo.

En el discurso de aula, el discurso del profesorado tiene un papel protagónico, ya que es a través de este discurso que el profesorado media la gestión de tareas, tiempo, espacio, relaciones, evaluación y turnos de habla (Alexander, 2015). Es decir, tal y como menciona Scott (1998), el discurso del profesorado resulta ser tan relevante como la actividad que es orientada por éste. De hecho, por muchos años el discurso docente y las estrategias que éste utilizaba resultaban ser invisibles ante los ojos investigadores, los cuales se centraban en las ideas del alumnado y en el desarrollo de actividades instruccionales (Scott, 1998).

El discurso docente lo hemos definido como la progresión o encadenamiento de enunciados durante los turnos de habla de los docentes que conforman el discurso de aula. En particular, aspectos particulares del discurso docente juegan un rol fundamental en el aprendizaje del alumnado. Por ejemplo, las investigaciones han puesto habitualmente el foco en la tipología y calidad de las preguntas que realiza el profesorado, relacionando las preguntas auténticas (Chin, 2007; Nystrand et al., 1997) o las buenas preguntas (Roca, 2005) que el profesorado incorpora en su discurso, con la capacidad de mediar el desarrollo de pensamientos de alto nivel del alumnado, tales como el análisis, generalizaciones, y especulaciones. Además, estas preguntas de calidad permiten que el alumnado participe estrechamente en la construcción de conocimiento, permitiendo que se sientan más responsables de las ideas que son desarrolladas. Además de promover la acción a través de las preguntas, tal como señala Scott

et al. (2006), el discurso docente debe mediar la “conversación” de las distintas ideas del alumnado, de tal manera que surjan desacuerdos y acuerdos de ideas que promuevan el desarrollo de la discusión y el diálogo.

2.2.1.3. La cultura de aula en las clases de ciencias.

Inspirados en las palabras de Lehesvuori y Ametller (2021), consideramos que las aulas son foros en los que las ideas de quienes participan en el discurso de aula son reunidas y confrontadas para realizar una construcción conjunta de conocimiento. De esta manera, resulta relevante estudiar bajo que consideraciones o cultura de aula, particularmente en cuanto al conocimiento y las interacciones, el desarrollo de las ideas y el aprendizaje del alumnado parece ser más significativo. Inspirados por la definición de Alexander (2015), podemos definir la cultura de aula como el contexto físico, psicológico, y las condiciones necesarias (tales como la distribución de espacio y tiempo, las actividades, la estructura de la clase, los agrupamientos de estudiantes, reglas subyacentes, etc.) que se despliegan para mediar el aprendizaje del alumnado.

Tal como mencionan Mercer y Howe (2012), es usual que en la escuela sus participantes asuman, o se adhieran, a reglas propias de culturas de aula ampliamente establecidas que desalientan una participación más protagónica del alumnado. Ya sea porque el profesorado decide quien habla, es quien hace las preguntas, y es quien evalúa; o porque el alumnado sólo puede responder cuando el profesorado lo autoriza, promoviendo respuestas cortas y correctas. Un aula que adhiere a este tipo de reglas limita las posibilidades de interacción fructífera entre el alumnado y el profesorado. De hecho, la elección de una cultura de aula

involucra la elección de aspectos tan relevantes como suposiciones sobre para qué sirve educar, y qué significa que el alumnado aprenda, aspectos que son clave en el “contrato didáctico” que se establece entre profesorado y alumnado (Brousseau & Le, 1990). Así, el discurso docente que consigue estos propósitos de activar e incentivar la conversación entre las ideas del alumnado y promover culturas de aula más interactivas y dialógicas es aquel orientado a la enseñanza dialógica.

2.2.2. Los principios y la estructura de una enseñanza dialógica en las clases de ciencias.

Tal como menciona Alexander (2018), el desarrollo de la enseñanza dialógica se basa en investigaciones en torno a la psicología, destacando la estrecha relación entre el lenguaje, el pensamiento, y el poder del habla que apoya el desarrollo cognitivo; pero también en investigaciones en las aulas, en las que se investigaba el patrón de interacción habitual en las mismas. En ambas, la clave es la visión del diálogo como “un modo social de pensamiento” (Mercer, 2000).

La enseñanza dialógica se define como un enfoque pedagógico que se vale del habla durante las interacciones, entre las y los participantes de dicha interacción, para motivar el uso y expresión de ideas, y mediar su progreso para el aprendizaje. El marco de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017), altamente influenciado por la teoría sociocultural del aprendizaje (Vygotsky, 1978), destaca la naturaleza social y comunicativa de las personas, y cómo el pensamiento en conjunto media el aprendizaje. En términos prácticos, este marco destaca que el alumnado necesita tener espacios para comunicarse, construir relaciones, ser

participes, pensar con otros, etc. Tal como menciona Michaels, O'Connor, y Resnick (2008), el diálogo en ámbitos educativos media la escucha, la reflexión, el desarrollo de ideas y la incorporación de distintos puntos de vista. Visibilizar el marco de la enseñanza dialógica supone promover el desarrollo de clases en donde el diálogo sea un eje central.

La investigación en el aula desde el marco de la enseñanza dialógica se ha centrado en la identificación de patrones de interacción habituales entre alumnado y docente. En la investigación de Sinclair y Coulthard (1975) se menciona que la unidad básica de interacción entre alumnado y profesorado es definido por el patrón de intercambio IRE/F (Iniciación, Respuesta, Evaluación/Feedback). En este patrón, el profesorado Inicia una interacción (usualmente a través de una pregunta), el alumnado Responde, para que luego el profesorado finalizado con un seguimiento o Evaluación de la respuesta del alumnado. En las aulas en las que predomina principalmente este patrón IRE/F, se centra en preguntas cerradas, respuestas cortas, y una retroalimentación acotada.

Desafortunadamente, dicho patrón de interacción ha mostrado ser casi un estandar en las escuelas, mostrando una enorme resistencia al cambio. De esta forma, el desarrollo del marco de la enseñanza dialógica también surge como respuesta ante un discurso que tiende a ser orientado por el patrón de interacción IRE/F.

Para ello, la investigación se ha centrado en identificar, investigar, y desarrollar otros patrones de interacción que permitan que el alumnado exprese y se escuchen sus ideas, y que, por lo tanto, fomenten el desarrollo de las ideas del alumnado distribuyendo el habla de manera más equitativa en el aula (Alexander, 2018). En consecuencia, en el marco de la enseñanza dialógica resulta clave que las y los docentes necesiten hacer uso estratégico del habla, el cual debe basarse en un amplio repertorio de estrategias didácticas centradas en el

habla, que oriente su discurso con la finalidad de mediar el aprendizaje del alumnado (Alexander, 2017, 2018; Kim & Wilkinson, 2019).

2.2.2.1. Los principios que guían una enseñanza dialógica

Tal como menciona Kim y Wilkinson (2019) respecto a la enseñanza dialógica de Alexander (2017), el diálogo que transcurre en una aula orientada por el enfoque de la enseñanza dialógica es caracterizado por cinco principios:

1. El diálogo es colectivo: es decir, el profesorado y alumnado abordan juntos las actividades, tareas y desafíos, ya sea en pequeños grupos, o con toda la clase.
2. El diálogo es recíproco: es decir, el profesorado y alumnado se escuchan mutuamente, compartiendo sus ideas, y considerando los distintos puntos de vista que surjan en el aula.
3. El diálogo es de apoyo: es decir, permite que el alumnado exprese sus ideas sin temor a decir una idea poco sofisticada o científicamente menos aceptada. Además, alumnado y docente colaboran para desarrollar sus ideas y consensuarlas.
4. El diálogo es acumulativo: es decir, las ideas del alumnado y profesorado se construyen y desarrollan de manera coherente en base a las que han sido desarrolladas, construidas y consensuadas previamente.
5. El diálogo es con propósito: es decir, el profesorado, a través de su discurso, guía el discurso de aula para la consecución de objetivos claros.

La aproximación clásica de Freire (Shor & Freire, 1987) a la enseñanza dialógica se puede entender desde los tres primeros principios (colectivo, de apoyo, y recíproco), los cuales, según Alexander (2017), establecen el carácter auténticamente dialógico de la enseñanza. Otros autores que también suscriben a los mismos han destacado aspectos como que la

participación del alumnado durante una interacción dialógica ha de ser equitativa y respetuosa ante la diferencia de ideas y los distintos puntos de vista (Hennessy et al., 2016; Howe & Abedin, 2013, Rojas-Drummond et al. 2013), así como el papel del trabajo colaborativo que se concretiza en la apropiación de ideas por parte del alumnado al interactuar también con sus pares además de con el profesorado.

A estos principios de enseñanza dialógica adhieren incluso autores como Scott et al. (2006), quienes han desarrollado un marco analítico para el análisis del discurso en aulas de ciencia que incluye dimensiones que podrían entenderse como contradictorias: la dimensión dialógica-autoritativa, y la dimensión interactiva-no interactiva. En realidad, la dimensión dialógica-autoritativa es sensible a si el profesorado considera, o no, puntos de vista diversos, tales como las distintas ideas que el alumnado podría tener. Y también a la dimensión interactiva-no interactiva es sensible a la necesidad de participación el alumnado en el aula. Así, las categorizaciones del discurso de aula a través de las categorías dialógica e interactiva son concordantes con los principios colectivo y recíproco. En cuanto al principio de apoyo, tal como sugiere Aguiar, Mortimer, y Scott (2010), es fundamental para mediar el aprendizaje del alumnado.

Además de este consenso sobre los tres primeros principios, otros autores relevantes en el ámbito, como Mercer y Littleton (2007), consideran que una enseñanza dialógica es concordante con los primeros cuatro principios previamente mencionados, dando un papel al principio acumulativo. Autoras como Michaels, O'Connor, y Resnick (2008) han propuesto la "accountable talk" destacando que el diálogo promueve el aprendizaje cuando este se encuentra comprometido con el razonamiento. Es decir, cuando los enunciados que conforman el discurso de aula se encuentran conectados de manera lógica, justificando así

las conclusiones que son alcanzadas por quienes participan del diálogo. Esta idea de “accountable talk” es concordante con el principio acumulativo y con la idea de que el discurso de aula dialógico requiere una construcción conjunta lógica y razonable.

Con respecto al último principio o principio de propósito, sin embargo, existe más controversia en la literatura. Este no ha sido considerado e incluso ha sido cuestionado por autores como Paulo Freire, quien suscribe a una enseñanza dialógica con ausencia de autoritarismo del profesorado guiando sus clases (Shor & Freire, 1987); o también Nicholas Burbules (Burbules, 1993), quien, a pesar de no dejar claro si consideraba el principio de propósito, suscribe a una enseñanza dialógica flexible en cuanto a los objetivos que se pretenden alcanzar. En contraposición, autores del ámbito de la didáctica de las ciencias como Resnick, Asterhan, y Clarke (2018) mencionan que el profesorado debe tener siempre presente aquella idea final que se pretende que el alumnado alcance, con el objetivo de que el diálogo que se desarrolla en el aula progrese hacia aquellas ideas científicamente más aceptadas.

En la misma lógica, inspirados en Lefstein (2010), reconocemos que el diálogo busca el consenso de ideas entre los participantes y que el profesorado marca la dirección de este consenso a través de su propósito u objetivos de aprendizaje. Además, según Perl-Nussbaum y Yerushalmi, (2020) el conflicto que se promueve en una interacción puede tener un carácter simétrico o asimétrico. Los conflictos simétricos en el aula de ciencias median que las ideas alumnado progresen a ideas científicamente aceptadas a través de un continuo encadenamiento de ideas de alumnado y docente, lo que anteriormente se ha definido como el principio acumulativo. Por el contrario, en los conflictos asimétricos, los modelos

intuitivos del alumnado son corregidos a través de experimentos que respaldan respuestas científicamente aceptadas que describen, explican o predicen el fenómeno estudiado.

Sin embargo, el desarrollo de este proceso de alcanzar consenso es logrado a través de la diferencia entre las ideas de unos y de otros, y, por lo tanto, la naturaleza de este dialogo no es prescriptiva, sino crítica y cuestionadora: abierta a que se expresen, contrasten, exploren, cuestionen, sinteticen, y consensuen las diversas ideas. De esta forma, reconocemos que una enseñanza es dialógica cuando incorpora también los siguientes dos principios:

6. El diálogo es crítico: es decir, alumnado y docentes investigan cuestiones abiertas, y los puntos de discrepancia dentro del grupo respecto a dichas cuestiones.
7. El diálogo es significativo: es decir, el alumnado y docentes relacionan las cuestiones con sus propias ideas, y median que dichas ideas se relacionen entre sí, con el objetivo de que éstas progresen hacia nuevas ideas.

Esta perspectiva de enseñanza dialógica que incluye la visión crítica y significativa es concordante con lo propuesto por Nystrand et al. (1997). Es decir, el discurso de aula no es dialógico por la alternancia de turnos de habla del alumnado y profesorado; sino porque es orientado por la tensión y el conflicto de ideas desde un “espacio dialógico” (Wegerif, 2007) que potencia una postura abierta a la exploración, confrontación y negociación conjunta de ideas. De hecho, es esta exploración, confrontación y negociación la que permite el desarrollo de las ideas y el aprendizaje del alumnado, de manera coherente a como sabemos que se aprende (Bransford et al 2000).

Profundizando en la misma idea de enseñanza dialógica centrada en la exploración, confrontación y negociación conjunta de las ideas del alumnado, autoras como Boyd (2012) han definido el concepto de “dialogical stance” como aquella disposición de partida en la que

se valora lo que el alumnado expresa, otorgándole especial protagonismo en la construcción de conocimiento. Desde este punto de vista, un profesorado que incorpora el “dialogical stance” en su práctica docente organiza las clases de tal manera que otorga suficiente espacio al alumnado para que explore y exprese sus propias ideas, y además, es receptivo a dichas ideas, permitiéndole tomar decisiones relevantes respecto al desarrollo de la clase en función de éstas. Así, desde la enseñanza dialógica (Mercer, 2000) pero también desde las teorías de aprendizaje de las que hemos hablado anteriormente (Vygotsky, 1978; Brandsford et al., 2000), se insiste en que el alumnado debe ser un participante activo en el desarrollo de su conocimiento. Cuando la construcción de conocimiento se produce de manera colaborativa entre quienes participan de las interacciones en el aula, las contribuciones del alumnado cobran más importancia (Boyd & Markarian, 2011; Michaels et al., 2008; Nystrand et al., 1997).

A pesar del valor otorgado a la participación activa del alumnado en la enseñanza dialógica, es interesante destacar que no sólo aquel discurso de aula que es categorizado como dialógico e interactivo (Scott et al., 2006) es concordante con una enseñanza dialógica. De hecho, la investigación reciente ha mostrado que es el desplazamiento entre distintos enfoques comunicativos el que media el aprendizaje del alumnado (Mercer & Littleton, 2007; Scott et al., 2006). Es decir, el alumnado necesita realizar conexiones entre las propias ideas, que tienen su origen en su experiencia cotidiana (enfoque dialógico), con aquellas ideas científicamente más aceptadas y que a menudo le son ajenas (enfoque autoritativo).

Con todo, la enseñanza dialógica requiere y a la vez promueve una cultura de aula diferente. Por un lado, tal como menciona Boyd (2012), requiere de un espacio seguro, con una

disponibilidad y distribución de tiempo suficiente y flexible, además de un profesorado que tenga la voluntad de adherirse a esta cultura de aula, y cuente con estrategias y con el conocimiento del contenido necesario que le permita tomar decisiones que medien el aprendizaje y el progreso de las ideas del alumnado, sin olvidar otorgarles la libertad suficiente para que exploren sus propias ideas. Por otro lado, y siguiendo a Wegerif (2007) a través de su definición de “dialogic spaces”, esta cultura dialógica promueve este desarrollo de espacios abiertos que invitan y motivan al alumnado a otorgar sus puntos de vista para la construcción y desarrollo de conocimiento a través de la confrontación de ideas. Conseguir esta cultura de aula es especialmente interesante no sólo por lo que consigue que pase en la escuela, sino por los posibles efectos fuera de ella. Así, tal como destaca Kim y Wilkinson (2019) al referirse al concepto de cultura de aula de Alexander, la cultura de aula puede trascender el aula, abarcando así los contextos sociales, culturales e históricas que le rodean. De esta manera, la cultura de aula da forma al aprendizaje que ocurre en el aula al establecer lo que se entiende por conocimiento, aprendizaje, y las relaciones del alumnado y profesorado con respecto a éstos. En particular, es capaz de determinar la manera en que se desarrolla el discurso de aula, pero esto también sucede recíprocamente. Así, la cultura que rodea el aula determina la relevancia del habla, y es el habla el que determina la cultura. Entender esta conexión entre el habla y la cultura señala la importancia del tipo de enseñanza dialógica que afecta profundamente a ambas.

2.2.2.2. De los principios a la estrategia de una interacción dialógica.

La introducción de los principios de la enseñanza dialógica enunciados capaces de modificar el discurso y la cultura existentes en el aula requiere de un conocimiento, destrezas y

competencias docente nada despreciables. Alexander (2015), al referirse al discurso de aula inspirado en la enseñanza dialógica, menciona que su desarrollo se relaciona y depende del manejo que hace el profesorado de las condiciones necesarias, tanto físicas como psicológicas y pedagógicas (tales como la distribución de espacio y tiempo, enfoque didáctico, las actividades, la estructura de la clase, el currículum, el diseño didáctico, los agrupamientos de estudiantes, reglas subyacentes que alumnado y profesorado conocen más o menos, etc.) dentro del aula. Así mismo, Boyd (2012) también sugiere que el desarrollo una enseñanza dialógica se encuentra relacionada a un amplio conocimiento del profesorado respecto del contenido que se pretende enseñar, y además, se relaciona a la habilidad del profesorado para evaluar el conocimiento del alumnado de manera oportuna para mediar el progreso de sus ideas. En resumen, y tal y como destaca Scott (1998), es el profesorado el que media que el alumnado participe activamente en la creación de un discurso de aula compartido.

En este sentido, una enseñanza dialógica requiere que el profesorado cuente con un repertorio discursivo que le permita organizar las interacciones con la idea de mediar el involucramiento del alumnado (Kim y Wilkinson, 2019). Tal y como mencionan Michaels y O'Connor (2015), que el profesorado incorpore un repertorio en su discurso supone una mejor orquestación del discurso de aula en función de las ideas que surgen del diálogo entre alumnado y docente, y de acuerdo a las autoras existen evidencias suficientes como para afirmar que un discurso docente bien estructurado media el aprendizaje del alumnado. Dicho de otra forma, el discurso docente que tiene éxito mediando el progreso de las ideas del alumnado tiende a basarse en el uso estratégico del habla.

La importancia de un trabajo explícito en el sentido de mejorar y redirigir el discurso docente es compartido en la literatura: autoras como Resnick, Asterhan, y Clarke (2018), Scott et al. (2006), Boyd (2012), Michaels y O'Connor (2015), Caughlan, Juzwik, Kelly, Borsheim-Black, y Fine (2013), y Mercer (2010) destacan la importancia de que el profesorado se prepare previamente a las direcciones que pueden tomar las discusiones con el alumnado. De hecho, la definición de enseñanza dialógica que propone Mercer (Mercer & Littleton, 2007), además de concordar con los primeros cuatro principios previamente mencionados, destaca que esos principios pueden ser concretados a través de ciertas estrategias discursivas que los docentes pueden explorar e integrar. Un ejemplo son los movimientos de habla (Michaels & O'Connor, 2012), los cuales pueden ser entendidos como estrategias de habla que apoyan que el alumnado comparta, expanda, profundice, clarifique sus ideas, y que se escuchen mutuamente.

Un repertorio basado en un uso estratégico del habla puede asemejarse a tener un kit de herramientas que puede ayudar al profesorado a responder a desafíos específicos que surgen cuando median el desarrollo del discurso de aula. Sin embargo, es importante destacar que nosotros consideramos que la enseñanza dialógica no es caracterizada sólo por un discurso específico; sino que la consideramos un enfoque general en donde prevalecen los cinco principios de la enseñanza dialógica previamente mencionados, los cuales pueden ser mediados a través del uso estratégico de repertorios discursivos o estrategias discursivas concretas. En palabras de Alexander (2018), el repertorio docente que promueve la enseñanza dialógica no debe verse como aquel que fomenta una manera única y rígida de hablar y hacer hablar. Al contrario, se trata de un conjunto coherentemente articulado de enunciados que permiten variedad de estrategias discursivas con las que el profesorado enriquece su discurso

y el del alumnado, desde una perspectiva que defiende, el poder del habla orientada por los cinco principios de la enseñanza dialógica.

2.2.2.3. La estructura de la interacción: enunciados, actos comunicativos y secuencias discursivas

Tal como menciona Boyd (2012), un diálogo entre alumnado y docente no es mejor porque el profesorado use complejas estructuras sintácticas para mediar que el alumnado explore y exprese sus ideas; sino que incluso aquellos enunciados que contienen preguntas que pueden ser catalogadas como preguntas cerradas pueden ser relevantes si estas se encuentran en función del “dialogic stance”. De hecho, lo relevante es que estos enunciados sean contingentes a las ideas expresadas por el alumnado, de tal manera que la evaluación formativa de estas ideas sea oportuna. Tal como mencionan las autoras Michaels y O’Connor (2009), los enunciados que conforman el discurso docente poseen funciones interaccionales y cognitivas. Así, entenderemos los actos comunicativos como aquellos enunciados que conforman el discurso docente que facilitan el desarrollo y orquestación del discurso de aula con la finalidad de lograr cierto objetivo con el alumnado y sus ideas.

En particular, durante las interacciones dialógicas entre alumnado y docente, notamos que los enunciados son caracterizados por las siguientes funciones, de las que destacamos dos:

1. Los enunciados poseen funciones interaccionales a nivel local y global, donde estas últimas son destacadas por Kim y Wilkinson (2019). A nivel local, porque median la interacción entre cierto hablante anterior con un hablante posterior, y a nivel global, porque permite estructurar una interacción dialógica entre alumnado y docente. De esta

forma, de acuerdo con Hennessy et al. (2016), los enunciados que conforman una interacción dialógica poseen la característica de ser direccionales, es decir, se dirigen hacia un interlocutor o interlocutora; son responsivos, es decir, son emitidos teniendo en consideración enunciados anteriores; son secuenciales, es decir, cada enunciado surge como una respuesta a otros enunciados, e incluso para anticiparse a enunciados posteriores.

2. Los enunciados poseen funciones socializadoras y de engagement con el alumnado. Median la participación del alumnado en las interacciones dialógicas, promoviendo que el alumnado exteriorice y comparta sus ideas, y a su vez, para que escuche al resto de quienes participan en la interacción dialógica. Así también, median para que el alumnado profundice en sus ideas o en las de los demás. De esta forma, de acuerdo con esta función, Fernández (2014) menciona que los enunciados que forman parte de una interacción dialógica favorecen la pluralidad, reconociendo y legitimando lo enunciado por aquellas y aquellos que participen de dicha interacción. Así también, cuando los enunciados forman parte de una interacción dialógica, favorecen el posicionamiento, es decir, quienes participan de esa interacción asumen una posición hacia sí mismos y hacia los demás.

Así, en concordancia con lo que menciona Hennessy et al. (2016), cada enunciado puede tener distintas caracterizaciones y formas lingüísticas, que determinan funciones tales como las previamente enunciadas. Por este motivo, en entenderemos los actos comunicativos como aquellos enunciados que conforman el discurso docente que facilitan el desarrollo y

orquestración del discurso de aula con la finalidad de lograr cierto objetivo con el alumnado y sus ideas, de acuerdo con la definición de Hennessy y colegas (2016, p. 20):

“A CA is defined by the minimum number of utterances or actions needed to reflect its function; if necessary, we break down a turn comprising several sentences, or even a single sentence, into smaller units or phrases, each allocated a line in the coding spreadsheet, applying two or more codes in sequence within a turn.”

Finalmente, podemos decir que estos enunciados que se dan en una interacción se agrupan en secuencias discursivas. Tal como menciona Hennessy et al. (2016) y Rojas-Drummond, Torreblanca, Pedraza, Vélez, y Guzmán (2013), una secuencia discursiva, corresponde una instancia de interacción en la que quienes participan de la interacción dialógica comparten un propósito y/o un tema en común. De acuerdo esta aproximación, Colley y Windschitl (2020) mencionan que la construcción de explicaciones en el aula de ciencia se puede extender a lo largo de una secuencia discursiva. Así, de acuerdo con las funciones del enunciado previamente presentadas, estas autoras mencionan que *“In these ways, participation in structured conversations with others can help students make sense of science concepts individually while facilitating progress on problems or explanations as a collective”* (Colley & Windschitl, 2020, p. 3).

2.2.2.4. La categorización de los enunciados del discurso docente.

En los últimos años se han propuesto diferentes investigaciones que han pretendido categorizar los enunciados que conforman el discurso docente en el aula de ciencias. Cada una de estas investigaciones ha propuesto diferentes sistemas de categorías y sub categorías,

cada una de éstas poniendo el foco en un aspecto diferente, en algunos casos focalizándose en cada uno de los enunciados del profesorado, del alumnado, sólo las preguntas, en enfoques comunicativos más generales, etc. A continuación se presentan los sistemas de categorías que serán más relevantes para esta investigación.

1. La clasificación de los mecanismos de influencia didáctica (Garrido-Espeja, 2016), a través de los cuales se identifican las posibles causas o detonantes que hacen que el alumnado se involucre en prácticas de modelización concretas, o que progresen en su modelo.
2. Las categorías de análisis del objetivo o demanda de la pregunta (Roca et al., 2013) que permiten identificar de preguntas científicas, aunque en este caso no se centra en las preguntas que formula el profesorado, sino que en las que hace el alumnado.
3. La clasificación de estrategias para evaluar las ideas del alumnado que conforman el denominado ciclo ESRU (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), acrónimo de *Eliciting, Student response, Recognizing, y Using information*.
4. La clasificación de estrategias de enseñanza microcognitivas y macrocognitivas que utiliza el profesorado para dirigir discusiones de aula (Williams & Clement, 2015).
5. El esquema de análisis de diálogo educativo, cuyo acrónimo en inglés es SEDA (Hennessy et al., 2016), que si bien no es exclusivo de ciencias, colaborará en el tanto en el desarrollo de actos comunicativos que categorizan el discurso docente como también del marco metodológico (sub apartado 4.1.2).
6. La progresión de preguntas en un aula propuesto por Kawalkar y Vijapurkar (2013), que cuenta con un especial enfoque en la enseñanza basada en la indagación.

7. Finalmente, los enfoques comunicativos de Scott, Mortimer y Aguiar (2006), donde se discute la tensión entre una enseñanza dialógica y autoritativa.

Todos estos marcos aportan un sistema de categorías específico presentados en forma de tabla, como por ejemplo la que se presenta en la figura 2.2.a. Estos diferentes sistemas de categorías permitirán comparar, a lo largo de la tesis, las categorías propias con las propuestas en la literatura.

Strategies for ESRU cycles by dimension

Eliciting	Recognizing	Using
Epistemic frameworks		
Teacher asks students to: <ul style="list-style-type: none"> • Compare/contrast observations, data, or procedures • Use and apply known procedures • Make predictions/provide hypotheses • Interpret information, data, patterns • Provide evidence and examples • Relate evidence and explanations • Formulate scientific explanations • Evaluate quality of evidence • Suggest hypothetical procedures or experimental plans • Compare/contrast others' ideas • Check students' comprehension 	Teacher: <ul style="list-style-type: none"> • Clarifies/Elaborates based on students' responses • Takes notes to acknowledge different students' ideas • Repeats/paraphrases students words • Revoices students' words (incorporates students' contributions into the class conversation, summarizes what student said, acknowledge student contribution) • Captures/displays students' responses/explanations 	Teacher: <ul style="list-style-type: none"> • Promotes students' thinking by asking them to elaborate their responses (why, how) • Compares/contrasts students' responses to acknowledges and discuss alternative explanations conceptions • Promotes debating and discussion among students' ideas/conceptions • Helps students to achieve consensus • Helps relate evidence to explanations • Provides descriptive or helpful feedback • Promotes making sense • Promotes exploration of students' own ideas • Refers explicitly to the nature of science • Makes connections to previous learning
Conceptual structures		
Teacher asks students to: <ul style="list-style-type: none"> • Provide potential or actual definitions • Apply, relate, compare, contrast concepts • Compare/contrasts others' definitions or ideas • Check their comprehension 		

Fig. 2.2.a. Tabla utilizada por Ruiz-Primo et al. (2007, p. 63) para clasificar los enunciados del discurso docente.

2.2.3. La evaluación formativa en el aula de ciencias.

La evaluación reside en el corazón del proceso de enseñanza-aprendizaje (Black, 1993).

Tal como menciona Sanmartí (2010), evaluar es una actividad que puede realizar tanto profesorado como alumnado, que implica identificar dificultades (y también lo que se hace

bien), analizarlas, emitir juicios, y luego tomar decisiones que sirvan para regular el proceso de enseñanza y aprendizaje. A este tipo de evaluación que sirve para aprender más que para dar cuenta de lo aprendido se la denomina evaluación formativa (Sanmartí, 2010). Inspirados en Sanmartí (2010) y Bell y Cowie (2001), hemos definido la evaluación formativa como un proceso usado por el profesorado para reconocer y responder a las ideas expresadas por el alumnado, con el objetivo de promover su aprendizaje, durante el proceso de enseñanza y aprendizaje. Así, en la evaluación formativa la información conseguida por el profesorado respecto de las ideas del alumnado es utilizada de manera oportuna para modificar y adaptar la práctica docente con el objetivo de estrechar la distancia entre las actuales ideas del alumnado y aquellas que pretenden ser alcanzadas con la instrucción.

Esta idea de evaluar para promover aprendizaje está en los orígenes de la idea de evaluación formativa, donde los referentes Black y Wiliam (2009) se refieren a un aula formativa cuando el profesorado obtiene, interpreta y utiliza las pruebas sobre el aprendizaje del alumnado para tomar decisiones con respecto a alguna actividad o situación que fomente el aprendizaje. De esta forma, según estos autores, una evaluación es formativa cuando, de manera contingente, se toman decisiones para regular el aprendizaje del alumnado. Tal como menciona Black (1993), la evaluación formativa es evaluación para el aprendizaje, mas no del aprendizaje. Como tal, diversos autores han mostrado que resulta ser un componente crucial en la enseñanza para el desarrollo conceptual (Bell & Cowie, 2001). De hecho, Sadler (1989) destaca la importancia de la continuidad de la evaluación formativa para promover el aprendizaje, y Ruiz-Primo y Furtak (2007) destacan que dicha continuidad es la base para otorgar la retroalimentación adecuada y oportuna que refuerce dicho aprendizaje. Así, la evaluación formativa involucra tanto, la planificación de estrategias para anticiparse a

eventos que requieran de una continua evaluación, los medios a través de los que el profesorado media la expresión de las ideas del alumnado, y lo que hace el profesorado para cambiar su práctica en función del análisis de lo expresado por el alumnado.

2.2.3.1. Las características de la evaluación formativa.

Con el objetivo de clarificar aún más en qué consiste la evaluación formativa, Bell y Cowie (2001) proponen nueve características de la evaluación formativa que han surgido de la discusión de diez profesores con respecto a la enseñanza de las ciencias:

1. Tiene capacidad de respuesta: es decir, es continua, es dinámica, es resultado de la interacción entre alumnado y docente, puede ser planeada, puede ser buscada, puede ser tanto proactiva, como reactiva, puede ser incierta, y puede realizarse en pequeño o en gran grupo, y tiende a ser informal, es decir, el profesorado recolecta información sobre las ideas del alumnado a través de típicas conversaciones con el alumnado.
2. Se vale de fuentes de evidencia: es decir, se vale de las observaciones que realiza el profesorado sobre las actividades llevadas a cabo por el alumnado. Así, el profesorado suele orquestar las interacciones con el alumnado para generar oportunidades que le permitan recolectar evidencia para llevar a cabo evaluaciones formativas.
3. Tiende a ser un proceso tácito: es decir, el profesorado puede llegar a no ser capaz de percatarse de estar realizando evaluaciones formativas. De esta manera, parece ser relevante evidenciar ante el profesorado aquellas prácticas docentes que permiten propiciar el desarrollo de este tipo de evaluaciones. De hecho, es el mismo profesorado quien, en la investigación de estas autoras, han destacado la importancia de percatarse del desarrollo de la evaluación formativa, y así reflexionar sobre los momentos

apropiados en los que resulta acertado introducir nuevas ideas o una nueva actividad, o cómo saber si las ideas del alumnado han logrado progresar, entre otras.

4. Se vale del conocimiento y las experiencias del profesorado: es decir, hay ocasiones en las que resulta más importante interpretar y actuar ante las diversas situaciones de aula desde la propia experiencia del profesorado, antes que desde la teoría.
5. Es parte integral del proceso de enseñanza-aprendizaje: al involucrar las acciones que realiza el profesorado, tales como, tomar decisiones, juzgar información, usar su conocimiento profesional y sus experiencias, con la finalidad de mediar el aprendizaje del alumnado, la evaluación formativa es considerada una parte integral del proceso de enseñanza-aprendizaje.
6. Es realizada por el profesorado y el alumnado: el profesorado que forma parte de la investigación de Bell y Cowie (2001) destaca que el alumnado participa del proceso de enseñanza-aprendizaje como evaluadores de sus propias ideas. De hecho, las autoras destacan la declaración de un docente que menciona que el alumnado recolecta información otorgada por el profesorado, la filtran, y deciden qué es relevante para ellos. Además, el alumnado interpreta y actúa en base a esa información, para luego ser retroalimentado, e iniciar nuevamente el proceso.
7. Tiene distintos propósitos: entre los propósitos mencionados por el profesorado, destacaban dos. El primero de éstos es informar al alumnado sobre su aprendizaje, cuyo propósito reside en monitorear el progreso de las ideas del alumnado, y legitimar las aportaciones del alumnado como piezas que forman parte del progreso hacia aquellas ideas más sofisticadas. El segundo de éstos es orientar de forma oportuna la enseñanza, para que se ejecuten estrategias que fomenten el desarrollo eficaz, en términos de

resultados de aprendizaje, de una actividad. A estos dos objetivos de las autoras cabría añadir el objetivo de comunicar al alumnado los objetivos de aprendizaje y criterios de realización y resultados del profesorado, al compartir con éste que es para nosotros “saber algo” o “hacerlo bien” (Sanmartí, 2010).

8. Es contextualizada: es decir, la manera en que el profesorado fomenta el desarrollo de la evaluación formativa de las ideas del alumnado, a través del uso de ciertas estrategias, depende del contexto en el que se desarrolla. Los propósitos, la información recogida, la manera en que ésta se obtiene, las acciones que realiza el profesorado, etc., dependen del contexto en el que se desarrolle la evaluación formativa.
9. No está exenta de dilemas: es decir, hay situaciones de aula para las que no hay una manera de proceder obvia para abordarlas, debido a que la evaluación formativa depende del contexto en el que se desarrolla dicha situación y del enfoque que se le pretende otorgar a la enseñanza de las ciencias.

Siguiendo a Bell y Cowie (2001), abordamos la evaluación formativa desde una perspectiva sociocultural, entendiéndola por tanto como una actividad social relevante que puede aprenderse al participar en ella, cuando esta se aborda de manera conjunta, y poniendo especial énfasis en el aprendizaje de aquellas personas menos experimentadas (Rogoff, 1995). Es decir, la evaluación formativa se aprende en una cultura de aula que promueva este tipo de evaluación. En consecuencia, desde esta perspectiva la evaluación formativa puede ser entendida como una práctica discursiva, al ser predominantemente mediada a través del lenguaje, y tener un rol central en el aprendizaje del alumnado (Bell & Cowie, 2001). De hecho, para Alexander (2017) un aula que es orientada por una enseñanza dialógica tiende a ser constantemente evaluadora. Así, de acuerdo con el marco de la enseñanza dialógica,

consideramos que la evaluación formativa es concordante con los cinco principios de la enseñanza dialógica, y como tal, necesita de una cultura de aula apropiada para ser desarrollada. Además, Wiliam y Thompson (2007) mencionan que la evaluación formativa puede ser llevada a cabo teniendo en consideración cinco estrategias, lo que es concordante con la idea de que el profesorado cuente con un repertorio de estrategias que ayuden a mediar su desarrollo.

1. La primera de ellas alude a clarificar y compartir aquellos aprendizajes a los que se espera que el alumnado arribe (concordante con el principio de propósito).
2. La segunda alude a orquestar el desarrollo de debates que permitan evidenciar las ideas del alumnado (concordante con los principios colectivo, recíproco, y crítico).
3. La tercera alude a que el profesorado retroalimente las ideas del alumnado para fomentar su progreso hacia aquellas más sofisticadas.
4. La cuarta hace referencia a valerse del alumnado como pivote que colabora en el desarrollo de la instrucción (concordante con los principios recíproco, de apoyo, y acumulativo).
5. Y, por último, incentivar a que el alumnado sea protagonista de su propio aprendizaje (concordante con el principio significativo).

2.2.3.2. La evaluación formativa informal.

Tal como hemos mencionado previamente, hay una tendencia a que las evaluaciones formativas sean informales, debido a que, usualmente, se vehicula a través de conversaciones no planificadas entre alumnado y profesorado, en las que el profesorado recolecta información sobre las ideas del alumnado (Bell & Cowie, 2001). Cuando sucede de esta

forma, la información recolectada por el profesorado a través de las interacciones entre alumnado y docente tiende a ser pasajera, y hablamos de evaluación formativa informal.

Tal como menciona Ruiz-Primo y Furtak (2007), en la evaluación formativa informal el profesorado recoge evidencias del aprendizaje del alumnado durante conversaciones cotidianas, y debe actuar sobre la marcha reconociendo la ideas del alumnado y usando dicha información para fomentar su progreso hacia aquellas ideas más sofisticadas. En este contexto, las autoras proponen tres actividades que tiende a realizar el profesorado durante la evaluación formativa informal: elicitación de las ideas del alumnado, y el posterior reconocimiento y uso de esas ideas.

Durante las prácticas de obtención de las ideas del alumnado o elicitación, el profesorado utiliza estrategias para fomentar que el alumnado exprese y comparta sus ideas para hacerlas lo más visibles posibles ante el resto del alumnado. Además, a través de esta práctica el profesorado puede conocer el actual progreso de las ideas del alumnado.

Durante el reconocimiento, el profesorado percibe las diferencias entre las distintas ideas expresadas por el alumnado y las compara, por ejemplo, con las evidencias aportadas por la teoría, la experimentación, etc., para luego preguntar al alumnado qué idea parece ser más acertada para describir o explicar el fenómeno estudiado. A través de esta práctica el alumnado puede sentirse parte diálogo entre alumnado y profesorado, debido a que sus ideas son incorporadas en la narrativa del discurso de aula. Así también, durante esta práctica el profesorado puede extraer las principales ideas de las aportaciones del alumnado, resumiendo éstas, planeando la manera de actuar en torno a éstas, y evaluando si lo interpretado ha sido lo que el alumnado ha querido expresar.

Por último, durante la práctica de evaluación formativa informal de uso, el profesorado actúa en base a las ideas expresadas previamente. Entre sus acciones se encuentra realizar preguntas que redirijan la atención del alumnado hacia alguna idea particular; fomentar el debate de ideas entre el alumnado, la exploración de nuevas ideas, la relación entre las nuevas ideas y las ya conocidas, etc. Es decir, durante esta fase de evaluación, el profesorado evalúa formativamente las ideas del alumnado otorgando retroalimentación oportuna y certera fomentando el progreso de éstas.

El valor de estas conversaciones de evaluación que se dan de manera informal en el aula, como un diálogo entre alumnado y docente que integra la evaluación formativa mientras se realizan las actividades de una clase, han sido destacadas en el caso del aula de ciencias por autores como Duschl y Gitomer (1997). En particular, Ruiz-Primo y Furtak (2007), en base a la investigación de Duschl y Gitomer (1997), mencionan que hay tres criterios que en su investigación les permitieron identificar este tipo de evaluación: el diálogo entre alumnado y docente involucra alguna temática o aspecto relacionado al fenómeno estudiado; el profesorado no es el único que habla durante una interacción con el alumnado; y los enunciados del alumnado son resultado de una provocación por parte del profesorado. Continuando con la inspiración que nos otorga Duschl y Gitomer (1997), sugerimos que a través de estas conversaciones de evaluación el profesorado pretende invitar al alumnado a considerar distintas ideas que pueden surgir en el aula de ciencias, para luego fomentar el desarrollo de debates en el que se presenten pruebas, argumentos, nuevas ideas, etc., para defender o refutar dichas ideas, con la finalidad de que las ideas del alumnado se acerquen cada vez más hacia aquel conocimiento científicamente más sofisticado que permite describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado. En este sentido, encontramos un

paralelismo interesante entre las fases de la evaluación formativa informal y aquellas propias del aula de ciencias centrada en la modelización que hemos propuesto siguiendo el modelo de Actividad científica escolar (ACE), aunque a una escala más breve (en cada conversación) que la del diseño de una UD o sesión de aula modelizadora. Así, la evaluación formativa informal promueve en cada interacción entre docentes y alumnos que el alumnado elicit sus ideas iniciales y que la acción docente se oriente a invitarlos a cuestionar y revisar estas ideas de manera análoga a como se hace en la ciencia. De hecho, para Ruiz-Primo y Furtak (2007) las evaluaciones formativas en el aula de ciencias deben focalizarse en diversos aspectos de las ideas de los estudiantes: los marcos epistémicos para que el alumnado desarrolle y evalúe conocimiento científico; las estructuras conceptuales para razonar científicamente y que el alumnado sea capaz de utilizar dichas estructuras de manera efectiva en situaciones apropiadas; y en los procesos sociales, para que el alumnado comunique el conocimiento científico mientras participa en prácticas científicas.

Por otro lado, y aunque pueda parecer similar, este tipo de evaluación formativa informal no puede asociarse directamente al patrón de interacción discursiva del tipo IRE/F, que ha sido criticado en la literatura por ser contrario a promover auténticos cuestionamientos que promuevan la ciencia como una actividad cognitiva (Lefstein, 2010). Al contrario que en el conocido patrón de interacción IRE/F, las prácticas de evaluación de la evaluación formativa informal median conversaciones en las que el profesorado actúa como un facilitador y mediador de los aprendizajes del alumnado, en lugar de ser alguien que proporciona o califica las respuestas correctas o incorrectas del alumnado. Así, la retroalimentación final no es calificadora, sino que es orientadora de las acciones futuras, al estilo de feedforward (Hattie & Timperley, 2007; Sanmartí, 2010).

En la evaluación formativa informal, a diferencia de una evaluación formativa formal que ha sido planificada para obtener evidencia del aprendizaje del alumnado y donde el profesorado reserva el tiempo suficiente para interpretar y actuar en función de la información recolectada, la evaluación sucede en tiempo real en el contexto de una conversación natural de aula. Sin embargo, esto no significa que no pueda entrenarse ni prepararse. Así, un buen conocimiento didáctico del contenido y un repertorio de estrategias discursivas adecuadas son imprescindibles para poder realizar esta labor de forma adecuada. Por ejemplo, para hacer un buen análisis del punto de partida y dificultades de aprendizaje del alumnado inherentes a sus modelos o ideas iniciales, y para poner al alumnado en la situación de elicitar, cuestionar y revisar estas ideas iniciales, retroalimentándolo de manera oportuna. Es decir, el profesorado debe estar preparado para evaluar formativamente aquellas respuestas del alumnado que expresen ideas poco sofisticadas, de tal manera que el flujo/ritmo/continuidad del discurso de aula no afloje, incentivando así el debate entre las distintas ideas del alumnado.

2.3. ¿Cómo se enseña y se aprende sobre fuerzas y movimiento en el aula?

Dentro de los modelos científicos escolares definidos anteriormente, el modelo de interacciones mecánicas, a veces llamado denominado “mecánica clásica”, “mecánica newtoniana” o simplemente “fuerzas y movimiento”, juega un papel muy relevante, tanto en los currículums como en el día a día de las aulas de ciencia. De hecho, se trata del principal contenido de física que enseña en las aulas, posiblemente debido a la gran cantidad de situaciones cotidianas que este modelo permite describir y explicar (García-Lladó & López, 2020).

Esta relevancia en la enseñanza del modelo de interacciones newtonianas en las aulas ha ido asociado también a una relevancia en la investigación sobre su enseñanza y aprendizaje dentro del campo de la didáctica de las ciencias. Ya en la década de los años 70 del siglo pasado, se empezaron a identificar las ideas que el alumnado usaba para describir y explicar fenómenos naturales. A través de estas investigaciones hemos podido conocer las conceptualizaciones que el alumnado tiene respecto de estos fenómenos, como la mítica idea aristotélica de fuerza: “*when you throw a ball up your force goes into it. This wears off as the ball goes up, and gravity takes over pulling the ball down.*” (Driver, 1989, p. 481). Así, en la década de los 90 ya no cabía duda de que el alumnado llegaba a sus clases de ciencia con ideas que diferían con aquellas que pretendían ser enseñadas, que influían en el posterior aprendizaje, y que eran resistentes al cambio, dando lugar a nuevos paradigmas de

investigación para encontrar formas de superar las concepciones alternativas y hacer progresar las ideas del alumnado.

En este apartado, a partir de la revisión de las principales contribuciones que se destacan en la literatura, se presenta una concreción del modelo de interacciones newtonianas y se pone el foco en tres aspectos clave de la enseñanza y aprendizaje de las fuerzas y el movimiento: la interpretación del movimiento, las magnitudes cinemáticas (velocidad y aceleración), y la conceptualización de las fuerzas asociado a las Leyes de Newton.

2.3.1. Concreción del modelo de fuerzas y movimiento.

2.3.1.1. El modelo de fuerzas y movimiento como MCE.

Al finalizar la escolaridad, es necesario que el alumnado haya aprendido ideas clave que le permita comprender fenómenos con los que puede convivir en su día a día (Gilbert, 2004; Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003; Izquierdo, et al., 1999). Las versiones más sofisticadas de dichas ideas son resultado de un progreso desarrollado durante toda la escolaridad. Es decir, las distintas versiones menos sofisticadas de las ideas clave deben ser coherentes entre sí, y cada nueva versión debe ser resultado del progreso de una versión menos sofisticada.

Tal como hemos mencionado a lo largo del apartado 2.1, en la didáctica de las ciencias se definen modelos científicos clave, que son los modelos científicos objetivos a los que las ideas del alumnado deben progresar al acabar la escolaridad. A partir de estos es posible reconstruir los fenómenos para describirlos y explicarlos (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003). De esta forma, es necesario contar con un modelo de fuerza y movimiento adecuado al nivel escolar del alumnado de bachillerato, y a su vez, que sea lo suficientemente sofisticado como

para comprender los fenómenos que el alumnado puede observar en su entorno (movimiento de vehículos, transportes, deportes, ...). En particular, el modelo de fuerza y movimiento siempre aparece como una pieza clave de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Por ejemplo, en el caso de la selección de diez grandes ideas de la ciencia propuestas por Harlen (2010), el modelo de fuerza y movimiento aparece a través de dos grandes ideas:

- *“Objects can affect other objects at a distance”*
- *“Changing the movement of an object requires a net force to be acting on it”*

Del mismo modo, diferentes marcos normativos como el de la NRC (2012) y el de PISA (OCED, 2018), han destacado las fuerzas y el movimiento como uno de los principales modelos que permite comprender el mundo natural y cotidiano con el que conviven las personas.

2.3.1.2. Las componentes clave del modelo de fuerzas y movimiento.

Técnicamente, hablar del modelo de fuerzas y movimiento implica hablar de una familia de dos grandes modelos que a su vez se ramifican en una amplia variedad de sub modelos (López, Couso, & Hernández, 2020).

Por un lado, existe el modelo de movimiento, que a menudo se le denomina cinemática, y que permite describir la posición de un cuerpo y sus variables asociadas en función del tiempo. La enseñanza de la cinemática se ramifica a menudo diferentes tipos de movimientos paradigmáticos que se suelen enseñar de forma discreta: MRU, MRUA, MCU, MAS... (Solbes, 2019) mostrando cuáles son las ecuaciones que describen la posición y la velocidad de un cuerpo en función del tiempo. Dentro del modelo de movimiento existen diferentes conceptos imprescindibles para poder caracterizar correctamente un movimiento, para

predecir su evolución y resolver problemas de cualquier índole. Estos conceptos incluyen el concepto de sistema de referencia, la relatividad galileana del movimiento, el origen de coordenadas, la dirección y sentido del movimiento, la diferencia entre posición, desplazamiento y trayectoria, el concepto de velocidad instantánea y velocidad media, la relación conceptual, algebraica, y gráfica entre posición, velocidad y aceleración.

Por otro lado, existe el modelo de fuerzas, denominado comúnmente dinámica, que se suele expresar a través de las Tres Leyes de Newton:

- Primera Ley de Newton: Todo cuerpo permanece en su estado movimiento a menos que sobre él actúe una fuerza resultante. Es decir, los cuerpos tienden a mantener su estado de movimiento sin necesidad de una fuerza que se ejerza sobre ellos. Esta ley también es denominada como principio de inercia.
- Segunda Ley de Newton: La suma vectorial de fuerzas ejercida sobre un cuerpo (fuerza resultante) provoca cambios en su movimiento, y se expresa a través de la ecuación: $\Sigma F = m \cdot a$. Esta ley también se denomina principio fundamental de la dinámica.
- Tercera Ley de Newton: Si un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este último ejerce una fuerza de igual magnitud, igual dirección y en sentido opuesto sobre el primero. Esta ley también se denomina acción y reacción.

Sin embargo, más allá de la generalidad y universalidad de las Leyes de Newton, el modelo de fuerzas se ramifica en sub modelos asociados a cada una de las fuerzas más comunes, tanto por lo que respecta a la naturaleza de la interacción (fuerza elástica, fuerza normal, fuerza de rozamiento, ...) como por lo que respecta a la función (fuerza centrípeta, fuerza de frenada, ...).

Además de estos dos grandes modelos, cinemático y dinámico, la familia de modelos y submodelos sobre fuerza y movimiento cuenta con otros modelos tangenciales y colindantes. Por ejemplo, este es el caso del modelo de gravitación que, si bien, se sustenta en las Leyes de Newton, tiene algunas especificidades que hace que tenga un tratamiento propio al momento de ser enseñado. Otro ejemplo de modelo colindante es el modelo de presión en un fluido que involucra el concepto de fuerza, pero que también tiene especificidades, como por ejemplo que, en lugar de pensar con partículas puntuales, trabajamos con un continuo. Del mismo modo, el modelo de flotación también suele considerarse un modelo colindante. Finalmente, cuando hablamos de la física ondulatoria y las ondas mecánicas es imprescindible la idea de fuerza y de movimiento, pero nuevamente el hecho de ser una mirada particular del movimiento centrada en la periodicidad hace que quede alejado de lo que asociamos a los contenidos de dinámica o cinemática.

2.3.1.3. El progreso de las ideas del modelo de fuerzas y movimiento.

Como hemos mencionado a lo largo del apartado 2.1, entendemos que el aprendizaje del alumnado se concreta a través de una continua reestructuración y sofisticación de sus ideas. Así, el aprendizaje no es propio de un momento particular, sino que forma parte de un proceso aún más largo. Tal como destacan Black y Wiliam (2009), el aprendizaje puede entenderse como la actividad de estrechar la brecha que separa las actuales ideas del alumnado con aquellas que se pretenden ser aprendidas. Así, tal como señalan Clement (2000) y Duschl, Maeng, y Sezen (2011), el aprendizaje del alumnado puede ser descrito a través de caminos conformados por hitos en los progresos de sus ideas. Dichos hitos pueden ser entendidos como los MCE menos sofisticados, pero no por eso erróneos, cuyos respectivos progresos a

lo largo del tiempo se acercan cada vez más al modelo científico que se pretende que el alumnado aprenda. Dichos caminos, que pueden ser hipotéticos, o basados en investigaciones sobre los progresos de ideas del alumnado, son llamados **progresiones de aprendizaje**.

Tal como sugieren Duschl y sus colegas (2011), Corcoran, Mosher, y Rogat (2009), y Wilson (2009), la utilidad de las progresiones de aprendizajes, en nuestro caso, sobre fuerzas y movimiento, es variada. Por un lado, permite sugerir diseños de instrucción que favorezcan el progreso de las ideas del alumnado a través de los distintos hitos (MCE). De hecho, en cuanto a los contenidos de fuerza y movimiento, estudios como los de Alonzo y Steedle (2009) (fig. 2.3.a), Fulmer, Liang, y Liu (2014), y Garcia-Lladó (2019) han permitido identificar aquellas ideas de fuerza y movimiento del alumnado que se corresponden con MCE particulares.

TABLE 2
Initial Version of the Force and Motion Learning Progression

Level	Description
5	Student understands that the net force applied to an object is proportional to its resulting <i>acceleration</i> (change in speed or direction), and that this force may not be in the direction of motion. Student understands forces as an interaction between two objects.
4	Student understands that an object is stationary either because there are no forces acting on it or because there is no <i>net</i> force acting on it. However, student may have misconceptions related to a belief that the applied force is proportional to an object's speed or motion (rather than its acceleration). Student can use phrases such as "equal and opposite reaction" to justify the existence of no net forces but may not understand this as an interaction. Common Errors: <ul style="list-style-type: none"> • Motion is proportional to the force acting. • A constant speed results from a constant force. • Confusion between speed/velocity and acceleration.
3	Student recognizes that forces are not <i>contained</i> within moving objects; however, student believes that motion implies a force in the direction of motion and that nonmotion implies no force. Common Errors: <ul style="list-style-type: none"> • Forces are associated only with movement. • Forces are viewed as causing things to move but not causing things to stop. • If there is motion, there is a force acting. • If there is no motion, then there is no force acting. • There cannot be a force without motion. • When an object is moving, there is a force in the direction of its motion.
2	Student recognizes that forces can be caused by nonliving things; however, student may believe that forces reside in within moving objects. Common Errors: <ul style="list-style-type: none"> • A moving object has a force within it that keeps it going. • A moving object stops when its force is used up.
1	Student understands forces as a push or pull, but believes that only living or supernatural things can cause forces. Common Errors: <ul style="list-style-type: none"> • Forces are caused by living things. • Forces are associated with physical activity or muscular strength. • Weight, motion, activity, and strength are important in determining an object's force.
0	No evidence or way off-track

Figura 2.3.a. Ejemplo de progresión de aprendizaje propuesta por Alonzo y Steedle (2009, p. 395).

Así, través de las progresiones de aprendizaje, el profesorado puede conocer cómo han progresado las ideas del alumnado, y cuál es el siguiente paso para lograr alcanzar un MCE más sofisticado. Además, permite alinear los objetivos de aprendizaje presentes los currículums de ciencia con MCE particulares, y permite que el profesorado prepare clases con un fuerte respaldo teórico que garantice una adecuada evaluación formativa de las ideas del alumnado. De hecho, en concordancia con la necesidad de que el profesorado cuente con estrategias efectivas de enseñanza que medien el progreso de las ideas del alumnado (Bayraktar, 2007), la NRC (2012) sugiere que dichas progresiones de aprendizaje, además de señalar caminos de progresos de ideas del alumnado, expliciten las actividades y experiencias que fomentan dicho progreso.

2.3.2. La enseñanza y el aprendizaje del sistema de referencia y gráficas del movimiento.

Una de las actividades más comunes a la hora de interpretar el movimiento es la utilización de representaciones gráficas. De hecho, tal como destaca Eshach (2014), las habilidades asociadas a representar los cambios de magnitudes escalares y vectoriales a través de gráficas son esenciales para entender la información científica. Tanto así que la comprensión de la mayoría de los problemas físicos involucra la utilización de representaciones en forma de gráficos y diagramas (Eshach, 2014; Susac, Bubic, Kazotti, Planinic, & Palmovic, 2018). Por otro lado, Testa, Monroy, y Sassi (2002) mencionan que hay un amplio consenso respecto a las ventajas didácticas de la utilización de gráficas. En particular, Bowen y Roth (2005) destacan: describir y representar relaciones con tablas, gráficos y reglas; construir, leer e

interpretar gráficos; hacer inferencias y presentar argumentos convincentes que se basan en el análisis de datos; evaluar argumentos que se basan en el análisis de datos; entre otras.

Sin embargo, a pesar de esta relevancia que tienen las representaciones gráficas en el aprendizaje de la física, el alumnado suele carecer de habilidades para proponer e interpretar gráficas. En particular, en relación con la cinemática, la dificultad para proponer e interpretar gráficas puede surgir debido a que representar el movimiento de un cuerpo a través de gráficas requiere que el alumnado se abstraiga del mundo real (Eshach, 2014). Esta dificultad puede ser acentuada debido a que, usualmente, la interpretación de gráficas es ignorada en el aula de ciencias, dejando de lado la interpretación física de dichas ecuaciones, colaborando así en la dificultad del alumnado para comprender el movimiento del cuerpo estudiado (Handhika et al., 2019).

Aunque según Eriksson y sus colegas (2018), todavía no hay mucha investigación en torno a las dificultades que involucra la comprensión de los **signos algebraicos**, Rebmann y Viennot (1994) ya sugerían que alumnado de cursos universitarios de la carrera de la física y profesorado en formación tenían dificultades con respecto a los signos algebraicos. Muchos de estos estudiantes solían utilizar los signos algebraicos de forma casi automática, y si al momento de resolver una problema no encontraban el resultado esperado, modificaban tantos signos como fuera necesario para que el resultado les hiciera sentido. Así, no resulta extraño que estudiantes para estudiantes de secundaria y bachillerato la utilización de signos algebraicos en el estudio de la cinemática sea un desafío (Eriksson, et al., 2018). En el contexto de un curso universitario introductorio de física orientado por actividades sobre el contenido de movimiento unidimensional, estos autores identificaron cuatro categorías jerárquicas que describen las ideas del alumnado con respecto a los signos algebraicos. La

idea más alejada de aquella que es científicamente aceptada es llamada “*Algebraic signs do not necessarily have specific relevance in kinematics*”. A través de esta categoría se describen las ideas del alumnado que piensa que los signos algebraicos no son necesarios, ya que es posible reemplazarlos a través de expresiones lingüísticas. Esto puede ser debido a que el alumnado considera movimiento y la velocidad como propiedades de los cuerpos, y, de esta forma, el sistema de referencia suele ser considerado como ornamental (Dimitriadi & Halkia, 2012). Además, puede que el alumnado sólo no entienda los sistemas de referencia (Dimitriadi & Halkia, 2012) o las magnitudes vectoriales asociadas a la cinemática (Eshach, 2014). Volviendo a Eriksson y sus colegas (2018), el segundo nivel asociado a sus ideas sobre signos algebraicos es “*When an algebraic sign is assigned to a kinematic unit it is seen as being relevant for representing a changing magnitude*”. A través de esta categoría se describen las ideas del alumnado que piensa que el signo algebraico representa que la magnitud de un vector aumenta (+) o disminuye (-). Esto es concordante con los resultados de la investigación de Govender (2007), quien menciona que el alumnado suele pensar que si un cuerpo tiene una velocidad +5 representa que va cada vez más rápido. Así, tal como menciona Govender (2007), debido a la transversalidad de los signos algebraicos en los contenidos de ciencia, resulta importante realizar más investigaciones en torno a esta tema, y que el profesorado otorgue tiempo suficiente para que las concepciones alternativas del alumnado logren progresar hacia versiones más sofisticadas.

Respecto a las ideas del alumnado a los valores iniciales de las variables involucradas en el movimiento, Eshach (2014), utilizando la teoría de reglas intuitivas, propone que el alumnado suele plantear e interpretar las gráficas de movimiento como una imagen. Así, en lugar de considerar las curvas de las gráficas como variaciones de magnitudes físicas, suelen ser

interpretadas como la trayectoria seguida por el cuerpo estudiado. Así, tanto esta dificultad, como también aquella relacionada al sistema de referencia, el cual es considerado como ornamental, pueden inducir ideas relacionadas a los valores iniciales de las variables de las gráficas estudiadas. Por ejemplo, el alumnado, por comodidad, puede ubicar el origen del sistema de referencia en el punto en que un cuerpo comienza su movimiento, asignando valor cero a las variables involucradas (a lo menos a la posición y el tiempo). Sin embargo, si los valores de las variables involucradas dependen de, por ejemplo, un sensor que registra el movimiento de un cuerpo, el valor inicial de la posición dependería de la ubicación del objeto respecto al sensor, y el valor inicial del tiempo dependería de qué tan bien se sincroniza el inicio del movimiento con el inicio de la toma de datos. Así, lo que usualmente puede asumirse como obvio (valores de las variables iniciales iguales a cero) puede provocar que el alumnado ignore dichos valores cuando el sistema de referencia no es elegido de manera arbitraria. Así también, cuando el alumnado propone curvas en las gráficas de movimiento, pueden no considerar aquellos puntos de inflexión, los cuales se hacen evidentes cuando involucran un análisis del movimiento del cuerpo que complementan la manera de plantear las curvas. Por ejemplo, en una gráfica posición-tiempo en la que se describe el movimiento de un saltador de puénting, el alumnado puede dibujar una curva como una línea recta con pendiente negativa desde el eje y hasta el eje x. Sin embargo, al involucrar el estudio de las fuerzas que se ejercen sobre el saltador, el alumnado podría considerar cómo es la fuerza neta que se ejerce sobre el saltador a lo largo de todo su descenso, y a partir de esto, proponer una curva que sea fiel al movimiento del saltador.

Así también, investigaciones como las de Núñez, Suárez, y Castro (2022); Zucker, Kay, y Staudt (2014), Birgin (2012) y Eshach (2014) han destacado que el alumnado tiende a tener

dificultades para interpretar la pendiente de una curva que describe el movimiento de dicho cuerpo en una gráfica posición-tiempo como la velocidad de dicho cuerpo. Así, considerando que el alumnado interpreta las curvas de las gráficas posición-tiempo como las trayectorias seguidas por el cuerpo estudiado (Eshach, 2014), el alumnado puede interpretar la pendiente de curvas que tienden a ser verticales como muros que impiden el movimiento del coche, y, por el contrario, la pendiente de curvas que tienden a ser horizontales como caminos que permiten que un cuerpo se mueva más libremente.

2.3.3. La enseñanza y el aprendizaje de la velocidad y aceleración.

La cinemática es una parte fundamental de la física que suele ser difícil de comprender para el alumnado (Handhika, Istiantara, & Astuti, 2019). Estos mismos autores mencionan que esto suele ser perpetuado a través de clases de física centradas en la resolución de ecuaciones, dejando de lado la interpretación práctica de éstas, lo cual parece no favorecer la comprensión acabada de los conceptos y fenómenos relacionados con la cinemática. Además, esta comprensión poco acabada puede ser afectada por las concepciones alternativas del alumnado relacionadas a dinámica, y, en particular, cinemática, las cuales parecen ser influenciados por las percepciones del alumnado respecto a la física e ingeniería, en una comprensión poco acabada de La Primera Ley de Newton y La Segunda Ley de Newton, y en la experiencia cotidiana en la que los conceptos vinculados a la cinemática son utilizados (Liu & Fang, 2016). De hecho, la influencia es tal que las ideas que sustentan la descripción y explicación de fenómenos cinemáticos llega a tener una lógica interna que se concretiza en un modelo poco sofisticado (Saltiel & Malgrange, 1980). Algunas de estas ideas tienen su origen en una comprensión poco sofisticada del sistema de referencia, lo que provoca que el

alumnado entienda la velocidad como una propiedad de un cuerpo en movimiento (Dimitriadi & Halkia, 2012). Otras de estas ideas involucran el concepto de fuerzas, tal como que el alumnado piensa que la velocidad de un cuerpo tiene una relación directa con la fuerza ejercida sobre dicho cuerpo (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Liu & Fang, 2016; Trowbridge & McDermott, 1980; Viennot, 1978), lo que lleva a pensar que la respuesta más acertada para describir las fuerzas que se ejercen sobre un objeto al ser lanzado es concordante con la segunda opción de izquierda a derecha (fig. 2.3.a). Y otras se relacionan explícitamente con la velocidad y aceleración de un cuerpo, tal como aquella destacada por Trowbridge y McDermott (1980), y Bayraktar (2007), quienes mencionan que el alumnado parece pensar que la velocidad no se diferencia de la aceleración, y, de esta manera, una mayor (menor) velocidad implica una mayor (menor) aceleración, respectivamente.

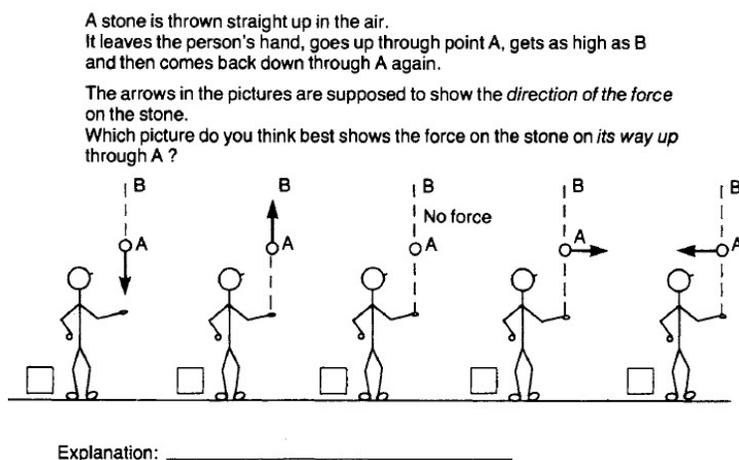


Fig. 2.3.a. En la segunda figura (de izquierda a derecha) se aprecia una representación de la concepción alternativa en la que el alumnado suele pensar que un objeto, al ser lanzado verticalmente hacia arriba, lleva una fuerza en la dirección y sentido de movimiento que relacionan a la velocidad (Driver, 1985).

2.3.4. La enseñanza y el aprendizaje de la fuerza y las Leyes de Newton.

La importancia del modelo de fuerzas, además de haber sido destacada por marcos como los de la NRC (2012), PISA (OCED, 2018) y Harlen (2010) como uno de los principales modelos que permite comprender el mundo natural y cotidiano con el que desenvuelven las personas, es destacada por el currículum de ciencias al estar presente durante toda la escolaridad obligatoria (García-Lladó, 2019) y por ser uno de los más enseñados dentro del currículum de física (García-Lladó & López, 2020).

Sin embargo, tal como hemos mencionado previamente, el modelo de fuerzas del alumnado suele ser susceptible a sus percepciones sobre las ciencias, las Leyes de Newton y los fenómenos cotidianos. Así, la dificultad del aprendizaje del concepto de fuerza se ha visto reflejada en las múltiples investigaciones que han registrado las concepciones alternativas que suele tener el alumnado con respecto a este concepto (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Dimitriadi & Halkia, 2012; Driver, 1986; Eriksson et al., 2018; Eshach, 2014; Liu & Fang, 2016; Viennot, 1978), las cuales se han justificado en que alumnado de distintos niveles educativos tienen concepciones alternativas sobre los conceptos de fuerza y movimiento que afecta el posterior progreso de sus ideas (Demirci, 2005). Dichas concepciones alternativas se relacionan directamente con cada una de Las Leyes de Newton. Es decir, las ideas intuitivas de fuerza que el alumnado suele tener se relacionan con la inercia, la velocidad y aceleración, y los pares de fuerzas de acción y reacción.

Una de las principales concepciones alternativas relacionadas al concepto de fuerza es aquella destacada por Viennot (1978), quien menciona que el alumnado suele pensar que la

velocidad de un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada, o que un cuerpo que se mantiene en movimiento necesariamente lleva una fuerza. Lo que también sugiere que el alumnado piensa que la inercia es una fuerza (Liu & Fang, 2016). Esta idea, además de ser común entre el alumnado, es una idea que con el paso de los años ha persistido como concepción alternativa (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Driver, 1986; Garcia-Lladó, 2019; Halloun & Hestenes, 1985; Liu & Fang, 2016). Viennot (1978) menciona que dicha idea se debe a que el alumnado piensa que el movimiento de un cuerpo parece ser incompatible con la fuerza resultante que se ejerce sobre dicho cuerpo. De hecho, en la revisión bibliográfica realizada por Liu y Fang (2016) sobre las ideas del alumnado con respecto a la idea de fuerza, los autores mencionan que la idea más común entre el alumnado de primaria y secundaria es que el movimiento de un cuerpo implica que se le ejerce una fuerza. Esto lleva al desarrollo de diagramas de fuerzas tal como el que se puede apreciar en la figura 2.3.b.

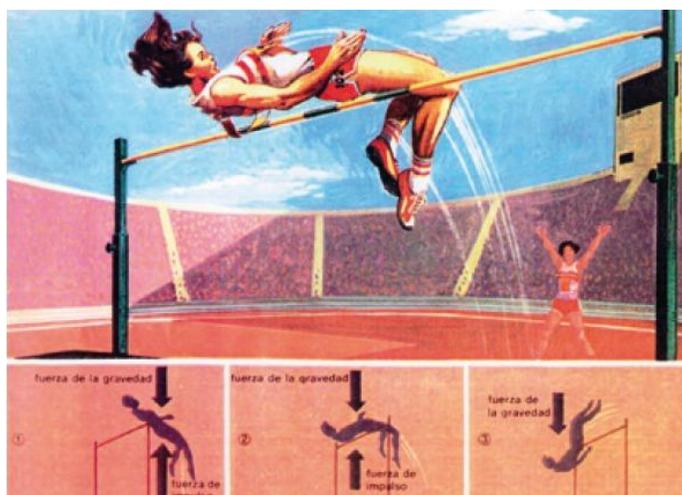


Fig. 2.3.b. Concepción alternativa de la idea de fuerza en la que se piensa que el saltador lleva una “fuerza de impulso” (Carrascosa et al., 2017).

Así, pareciera que las concepciones alternativas del alumnado relacionadas al concepto de fuerza se relacionan con magnitudes de cinemática, tales como la posición, velocidad y

aceleración. De hecho, en la revisión bibliográfica realizada por Liu y Fang (2016) antes mencionada, las ideas de fuerza del alumnado son agrupadas en sub categorías que llevan nombres tales como: fuerza vs. movimiento, fuerza vs. velocidad, o fuerza vs. aceleración. Entre éstas se encuentra la idea de que el alumnado suele pensar que el movimiento de un cuerpo depende sólo de la última fuerza, o de la fuerza más grande, que se ejerce sobre dicho cuerpo (Demirci, 2005); o que la velocidad de un cuerpo tiene una relación directa con la fuerza ejercida sobre dicho cuerpo (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Liu & Fang, 2016; Trowbridge & McDermott, 1980; Viennot, 1978); o que una aceleración constante de un cuerpo implica que se ejerce una fuerza cada vez más grande sobre dicho cuerpo (Demirci, 2005). Esto refuerza la idea de que el alumnado suele tener dificultades para comprender conceptos como los de velocidad y aceleración, las cuales parecen colaborar en las dificultades para comprender el concepto de fuerza (Liu & Fang, 2016).

Así también, debido a las dificultades previamente expuestas, no es extraño que el alumnado tenga concepciones alternativas sobre fuerzas particulares, tales como el peso, la normal, o la fuerza de rozamiento. Mongan, Mondolang, y Poluakan (2020) han mencionado que el alumnado suele tener concepciones alternativas respecto a la fuerza normal, donde una de estas es que consideren que el peso y la fuerza normal son consideradas un par de fuerzas de acción y reacción. De hecho, el alumnado entiende la interacción entre fuerzas de acción y reacción como un conflicto entre dos fuerzas opuestas que se ejercen sobre un mismo objeto (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992). Así, el alumnado piensa en una relación de dominación entre las fuerzas involucradas: “la fuerza más contundente” ejerce mayor fuerza. Esto puede explicar por qué el alumnado no considera la fuerza que le ejerce un objeto pequeño a La Tierra, ya que ésta, en comparación con el peso del objeto pequeño, es

imperceptible por el alumnado. Además, esta dificultad puede ser complementada con los muchos problemas que son propuestos al alumnado, donde el peso de un objeto es paralelo (y en sentido opuesto) a la fuerza normal que ejerce la superficie (rígida) sobre dicho objeto. Así, el alumnado, a partir de la Segunda Ley de Newton propone la siguiente ecuación: $\Sigma F = -P + N = 0 \Leftrightarrow P = N$. De hecho, Hestenes, Wells, y Swackhamer (1992) mencionan que el alumnado confunde el equilibrio de fuerzas (superposición) con las fuerzas de igual magnitud y sentidos opuestos que se ejercen sobre objetos distintos (par de fuerzas de acción y reacción).

Capítulo 3: Preguntas y objetivos de investigación.



Como se ha mencionado en la introducción (capítulo 1), en esta tesis nos proponemos comprender la relación entre el discurso docente, las prácticas de modelización, y las ideas del alumnado, usando para ello un contexto privilegiado como lo es el REVIR, es decir, en talleres experimentales de ciencia especialmente orientados a la modelización y que incorporan una cultura de aula basada en la enseñanza dialógica.

Para ello planteamos dos estudios separados (Estudio 1 y Estudio 2) que, si bien partirán de los mismos datos, se focalizarán en dos perspectivas diferentes (uno focalizado en las prácticas e ideas del alumnado, y otro en el discurso del profesorado). Posteriormente, los resultados de ambos estudios se discutirán para identificar relaciones entre éstos.

Así, el Estudio 1 se centrará en el alumnado, para conocer las prácticas de modelización en las que participa, y los progresos de sus ideas en cuanto a los contenidos de fuerzas y movimiento. Este primer estudio es guiado por el siguiente objetivo 1, que abordaremos en los capítulos 5 y 6.

Objetivo del Estudio 1: Analizar las prácticas de modelización en las que participa el alumnado de bachillerato y el progreso de sus ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización.

Para alcanzar este objetivo nos planteamos diferentes preguntas de investigación que se responderán en el contexto concreto de los de talleres experimentales centrados en la modelización del proyecto REVIR (en adelante, Talleres REVIR).

Pregunta 1.1: ¿En qué prácticas de modelización participa el alumnado en el contexto de los talleres REVIR?

Pregunta 1.2: ¿Qué progresos de ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento se identifican en los talleres REVIR?

Pregunta 1.3: ¿Qué relación identificamos entre las prácticas de modelización en las que participa el alumnado y el progreso de sus ideas en el contexto de los talleres REVIR?

En paralelo, el Estudio 2 se centrará en el profesorado, para conocer cómo es su discurso en el contexto de interacciones dialógicas. Este segundo estudio es guiado por el siguiente objetivo 2, que abordaremos en los capítulos 7 y 8.

Objetivo del Estudio 2: Analizar el discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización.

De igual forma que en el Estudio 1, para alcanzar este objetivo nos planteamos diferentes preguntas de investigación que se responderán en el contexto concreto de los talleres experimentales centrados en la modelización del proyecto REVIR (en adelante, Talleres REVIR).

Pregunta 2.1: ¿Qué tipologías de actos comunicativos caracterizan el discurso docente en el contexto de los talleres REVIR?

Pregunta 2.2: ¿Cuál es la prevalencia de las tipologías de actos comunicativos en el discurso docente durante los talleres REVIR?

Pregunta 2.3: ¿Qué relación identificamos entre los actos comunicativos y diferentes variables del contexto educativo de los talleres REVIR (temática, equipos docentes, y diseño didáctico)?

Finalmente, una vez desarrollados los Estudios 1 y 2, nos planteamos un tercer objetivo, a través del que pretendemos integrar ambas perspectivas: la que se centra en las ideas y prácticas del alumnado, y la que se centra en el discurso del profesorado. Para ello planteamos un tercer objetivo, el cual abordamos en el capítulo 9.

Objetivo 3: Identificar estrategias en el discurso docente que median en las prácticas de modelización en las que participa el alumnado de bachillerato y en el progreso de sus ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización.

Para alcanzar este último objetivo nos planteamos la siguiente pregunta:

Pregunta 3.1: ¿Qué estrategias en el discurso docente median en las prácticas de modelización en las que participa el alumnado y en el progreso de sus ideas en el contexto de los talleres REVIR?

Capítulo 4: Metodología de investigación.



De acuerdo con lo presentado en los objetivos de investigación, pretendemos categorizar el discurso docente según su función (actos comunicativos y tipologías) y las maneras en que media el aprendizaje del alumnado (progreso de ideas y participación en prácticas de modelización). De esta forma, en este capítulo presentamos una metodología de investigación que permita abordar las preguntas de investigación que derivan de ésta.

En el primer apartado presentamos el marco metodológico de esta investigación, el cual se inspira en la metodología del análisis del discurso sociocultural (Mercer, 2004, 2010). Luego, presentamos algunas consideraciones metodológicas (Hennessy et al., 2020) que se deben tener en cuenta al categorizar y caracterizar el discurso docente. Además, destacamos la importancia de proponer una manera adecuada para representar las interacciones dialógicas entre alumnado y docente, y la respectiva caracterización de las unidades de análisis.

En el segundo apartado presentamos el contexto en el que se desarrolla la presente investigación. Describimos el proyecto REVIR, un proyecto que promueve el acercamiento de la investigación en la didáctica de las ciencias al aula de ciencias. Describimos la cultura de aula que caracteriza a los talleres REVIR, y algunas investigaciones que se han desarrollado en torno a estos. Luego describimos los dos talleres REVIR que son los escenarios en los que se desarrolla la presente investigación.

En el tercer apartado describimos la toma de datos y los aspectos que caracterizan, en particular, cada taller REVIR grabado. Se abordan caracterizaciones tales como el instituto que asiste a cada taller, las y los docente de los talleres REVIR que estuvieron presentes en dicha sesión, la identificación de las interacciones personales y puestas en común, la duración de cada una de éstas, y qué docente estuvo involucrada o involucrado en dichas interacciones,

la disposición de las y los participantes del taller, y así también, la disposición de las cámaras y grabadora de audio que permitían realizar los registros audiovisuales para la toma de datos.

4.1. Marco metodológico.

La presente investigación posee un enfoque metodológico mixto donde predomina el enfoque cualitativo de investigación. Predomina el enfoque cualitativo, debido a que pretendemos entender qué rol juega el discurso docente durante las interacciones con el alumnado en el contexto talleres de ciencias centrado en la modelización, cuya cultura de aula es orientada por una enseñanza dialógica. Desde un enfoque cuantitativo de investigación, utilizamos herramientas de la estadística descriptiva, como frecuencias absolutas y frecuencias relativas porcentuales, y herramientas de la estadística inferencial, como la prueba chi-cuadrado, para entender el rol de los enunciados de la docente mediando la participación en prácticas de modelización, y a su vez, cómo dichas prácticas median el progreso de ideas del alumnado. Ambos enfoques metodológicos son considerados por la metodología de análisis sociocultural del discurso (Mercer, 2004, 2010), la cual, a su vez, respalda las consideraciones metodológicas destacadas por Hennessy et al. (2020).

4.1.1. Análisis sociocultural del discurso.

La metodología de análisis sociocultural del discurso tiene su origen en la perspectiva sociocultural de enseñanza y aprendizaje, donde la educación es considerada un proceso cultural promovido a través de las interacciones entre alumnado y docente, y entre el mismo alumnado; y donde el lenguaje es entendido como una herramienta que media una manera colectiva de pensar (Mercer, 2004).

La metodología de análisis del discurso sociocultural tiene como **foco** el análisis del discurso a partir de su contenido, su función y cómo media el desarrollo de una comprensión compartida del conocimiento (Mercer, 2010). Se preocupa, especialmente, por el contenido y la estructura del discurso, ya que los enunciados, y el encadenamiento de éstos, pueden colaborar en la construcción conjunta del conocimiento (Mercer, 2004). Así también, se preocupa por los aprendizajes que son resultado de dicha construcción conjunta de conocimiento (Mercer, 2004). Es decir, esta metodología permite relacionar el diálogo con las maneras en que los procesos median la construcción de conocimiento, y a su vez, con el aprendizaje que es resultado de dicho diálogo.

El análisis de datos a través de esta metodología se realiza a través de **diálogos transcritos**, donde quien analiza, realiza comentarios con respecto a dicha transcripción. La manera de transcribir el diálogo no se encuentra determinada. Ésta depende de las respuestas que se quieran dar a las preguntas de investigación, y las inferencias que se realizarán a través del análisis de datos. Además, permite no registrar la duración de las pausas realizadas por el alumnado y docente, ya que éstas pueden no ser relevantes para el análisis que se desea realizar. Según Mercer (2004), el proceso de toma de datos y posterior análisis se puede dividir en las siguientes etapas: grabación del diálogo, y posterior transcripción complementada por algunos comentarios que describan lo que sucede en el aula; análisis colectivo, y posterior análisis individual de las transcripciones desde un enfoque cualitativo, y el posterior análisis cuantitativo que complementa el análisis anterior.

Esta metodología puede utilizarse para investigar cómo es construido el conocimiento de manera colectiva a través de las interacciones entre alumnado y docente, y en particular, para analizar cómo el discurso docente media la finalidad didáctica de dicha interacción.

Así, a través de esta metodología pretendemos comprender qué función cumplen los enunciados que conforman el discurso docente en el contexto de interacciones dialógicas con el alumnado.

4.1.2. Un marco metodológico para el análisis del discurso de aula.

Existen algunas consideraciones metodológicas para el análisis del discurso de aula. Tal como destacan Hennessy, Howe, Mercer, y Vrikki (2020), cuando se pretende analizar el discurso de aula a través de un sistema de categorías, es necesario tener en cuenta como mínimo tres aspectos clave: el alcance, los niveles jerárquicos de granularidad, las pruebas de fiabilidad y las pruebas de validez, que discutimos a continuación.

4.1.2.1. El alcance en el análisis del discurso.

En las interacciones entre alumnado y docente hay un continuo intercambio de ideas, por lo que es necesario definir adecuadamente en qué formas del discurso nos fijaremos. En esta investigación nuestro foco se encuentra en aquellos enunciados que permiten el desarrollo de una interacción dialógica en el aula de ciencias (Alexander, 2017), y en particular, nos centramos en el discurso docente y en los enunciados que lo conforman. No prestamos mayor atención a las miradas, volumen y tonos que acompañan el desarrollo de la interacción dialógica. Sin embargo, prestamos atención a algunas de las acciones que realiza alumnado

y docente para aclarar enunciados que cuya lectura aislada en una transcripción puede ser ambigua.

De esta forma, el tipo de discurso de aula, y en particular, el discurso docente que pretendemos analizar se corresponde con enunciados mencionados por la docente (D), tales como los siguientes:

D: ¿Están de acuerdo con lo que ha mencionado su compañero? ¿qué dirían para complementar su explicación?
D: Si sucede lo que me estas mencionado, entonces, ¿cómo explicarías esta parte del fenómeno? ¿qué opina su compañera? [*Mientras toma el montaje experimental indicando la parte del fenómeno que debe explicar el alumnado*].
D: No hay ideas incorrectas, sólo versiones menos sofisticadas. Ustedes pueden decir la idea que tienen, y luego justificarla desde su experiencia.
D: Recuerden que queremos saber cómo se comporta el fenómeno estudiado a través de las siguientes ideas.
D: Pero hace un momento me has dicho otra idea. Recapitemos y construyamos nuevamente la explicación para la idea que estamos discutiendo.

Resumiendo, pretendemos analizar el discurso docente que colabora en el desarrollo de interacciones dialógicas en el aula de ciencias. Es decir, que cumpla con los principios de la enseñanza dialógica. Por el contrario, no pretendemos analizar el discurso que se corresponde con enunciados de la profesora (D) como los siguientes:

D: Deben escribir las respuestas en la tabla.
D: Deben ingresar al siguiente programa y hacer la gráfica que se les pide.
D: Se les pasará el material necesario para realizar el montaje experimental.
D: Las viñetas de su dossier son para que hagan los dibujos del fenómeno que están estudiando.
D: Tienen cinco minutos para hacer la actividad que propone el dossier.

4.1.2.2. Los niveles de granularidad de las unidades de análisis.

Las interacciones entre alumnado y docente se desarrollan en cierto contexto a través de un intercambio continuo de enunciados, por lo que es necesario establecer fronteras para la

identificación de unidades de análisis de los enunciados o los encadenamientos de éstos, cuyo tamaño puede ser muy grande o pequeño, según convenga.

En esta investigación estamos interesados en la categorización y caracterización de los enunciados que conforman el discurso docente, en la identificación de las prácticas de modelización en las que participa alumnado y docente, y en la identificación del progreso de las ideas del alumnado. Teniendo en consideración esto, hemos establecido los niveles jerárquicos de granularidad para el análisis del discurso de aula. Estos son los niveles macro, meso y micro de análisis del discurso de aula. Cada uno de estos niveles se encuentra anidado en el anterior. De esta forma, podemos categorizar y caracterizar el discurso de aula a través de la categorización y caracterización de las unidades de análisis que se desarrolla en cada uno de los niveles jerárquicos de granularidad.

El nivel micro es entendido como aquel nivel conformado por la cantidad mínima de expresiones orales, o cierta secuencia de éstas, enunciadas por la docente, cuyo encadenamiento permiten el origen y desarrollo de las interacciones entre docente y alumnado. La unidad de análisis de este nivel de granularidad es el enunciado (Hennessy et al., 2020, 2016; Michaels y O'Connor, 2009). De esta forma, un turno de habla de la docente o del alumnado puede ser conformado por uno o más enunciados.

El nivel meso es entendido como aquel nivel que es conformado por una secuencia de turnos de alumnado y docente mientras las actividades, propósitos, ideas, conceptos, u orientaciones permanecen constantes (Colley y Windschitl, 2020; Hennessy et al., 2020, 2016). La unidad de análisis de este nivel de granularidad es la secuencia discursiva.

El nivel macro es entendido como aquel nivel conformado por el encadenamiento de secuencias discursivas que se enmarca en las interacciones dialógicas entre alumnado y docente que se desarrollan a lo largo del taller (Hennessy et al., 2020, 2016). La unidad de análisis de este nivel de granularidad es, al igual que su definición, el encadenamiento de secuencias discursivas.

Así, en esta jerarquía entre los niveles de granularidad para el análisis del discurso de aula los enunciados forman parte de las secuencias discursivas, y a su vez, la secuencias discursivas forman cadenas. En la figura 4.1.a podemos ver cómo se organizan los tres niveles jerárquicos de análisis del discurso de aula.

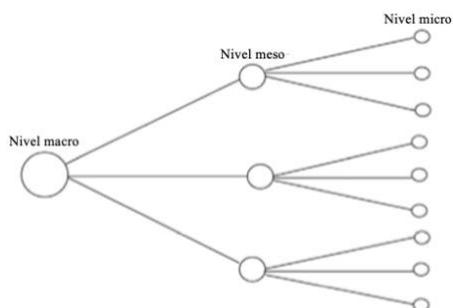


Figura 4.1.a. Organización de los tres niveles jerárquicos de análisis del discurso de aula.

A través de los niveles jerárquicos de granularidad para el análisis del discurso de aula, es posible realizar un análisis que permite transitar entre los tres niveles de granularidad y analizar las interacciones dialógicas desde las respectivas unidades de análisis. Los niveles jerárquicos de granularidad nos ofrecen la oportunidad de saber cómo se relacionan las unidades de análisis durante el desarrollo de las interacciones entre alumnado y docente. De esta manera, transitar por los niveles jerárquico permite desarrollar una interpretación narrativa de los resultados, donde cada nivel jerárquico, y la categorización y caracterización

de su respectiva unidad de análisis, colabora en la interpretación de lo que sucede en durante las interacciones entre alumnado y docente (Hennessy et al., 2016).

4.1.2.3. Fiabilidad y validez en el análisis de datos.

En los niveles jerárquicos de granularidad se desarrollan las unidades de análisis a categorizar. Dichos sistemas de categorías deben permitir que investigadoras e investigadores categoricen las respectivas unidades de análisis con una baja incertidumbre, y que dos o más investigadoras o investigadores categoricen una misma unidad de análisis a través de una misma categoría. Para determinar la fiabilidad, recurrimos a la fiabilidad como equivalencia (Cohen, Manion, & Morrison, 2007).

Con respecto a las pruebas de fiabilidad y validez de los sistemas de categorías, serán abordados en apartados posteriores, luego de enunciar los sistemas de categorías que permiten la caracterización de las unidades de análisis que se desarrollan en los respectivos niveles de granularidad de análisis del discurso de aula.

4.1.3. Representación de las interacción dialógicas.

Es complejo rastrear el intercambio de ideas entre alumnado y docente durante una interacción dialógica (Williams y Clement, 2015). De esta forma, si se desea tener un comprensión más acabada de cómo se desarrolla el conocimiento a través de las interacciones dialógicas, necesitamos una manera de representar las categorizaciones que anteceden, suceden, y/o coocurren en dichas interacciones (Colley y Windschitl, 2020).

En algunos casos, como en Mercer (2004), el análisis del discurso se realiza directamente a través de la transcripción de diálogos previamente seleccionados, con un posterior comentario en el que se discute el diálogo, y además, se destacan enunciados que respaldan dichas discusiones (fig. 4.1.b (izquierda)). En el caso de Williams y Clement (2015), la representación para el análisis del discurso incorpora elementos diagramáticos, tales como flechas que muestran el transcurso del discurso; secciones separadas por líneas horizontales que distinguen lo que dice el profesorado, el alumnado, y el progreso de ideas; y las principales aportaciones del alumnado y profesorado que median el progreso de dichas ideas (fig. 4.1.b (centro)). Por último, en la representación propuesta por Colley y Windschitl (2020) (fig. 4.1.b (derecha)) se deja de lado las transcripciones discurso del alumnado y profesorado, y en su lugar se otorga protagonismo a aspectos interpretativos, tal como el rigor del habla del alumnado (distintas alturas de las barras negras) al participar en distintos tipos de actividades o interacciones (distintos colores). Además, al igual que en la representación de Williams y Clement (2015), ésta es cronológica, y además, incorpora la duración de las intervenciones de alumnado y docente (ancho de las barras negras superiores e inferiores, respectivamente), y de los episodios en las que éstas se desarrollan.

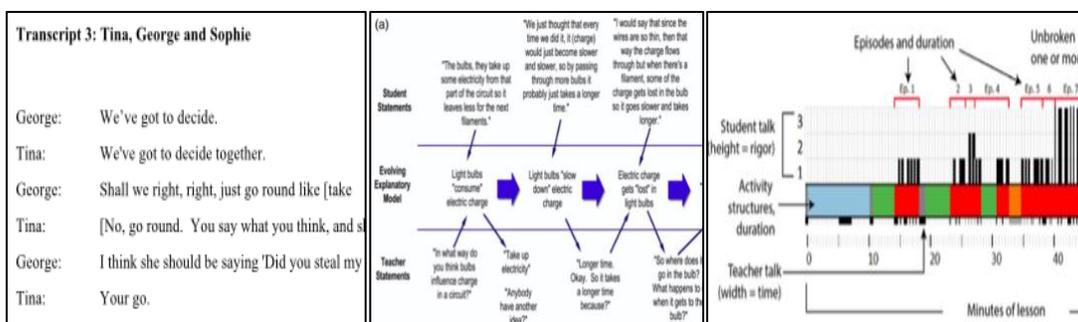


Fig. 4.1.b. Tres formas diferentes para representar el discurso de aula. A la izquierda, Mercer (2004); al centro, Williams y Clement (2015); y a la derecha, Colley y Windschitl (2020).

En el caso de la presente investigación, la representación deberá involucrar la relación entre las distintas unidades de análisis que categorizan el discurso de aula, de tal manera que el lector o lectora pueda acceder fácilmente a las categorizaciones del discurso docente, las prácticas de modelización en las participa el alumnado, y el respectivo progreso de ideas.

4.2. Contexto de investigación.

La presente investigación se desarrolla en el contexto del proyecto REVIR, un proyecto de talleres experimentales basados en la modelización que detallamos a lo largo de este apartado.

4.2.1. Definición del proyecto REVIR.

El proyecto REVIR (acrónimo de Realidad-Virtualidad) es un proyecto del Centro de Investigación Científica y Matemática (CRECIM) de la UAB, que ofrece talleres experimentales de Física y Química orientados a grupos-clase de secundaria y bachillerato, quienes asisten dentro de su horario lectivo a través de una visita escolar a la universidad.

Cada taller tiene una duración aproximada de cuatro horas, y asisten entre 25 a 35 estudiantes por sesión. Estos talleres están diseñados por investigadores en didáctica de las ciencias, y son impartidos por especialistas en el área. Están especialmente orientados a involucrar al alumnado en prácticas de modelización e indagación, con la finalidad de hacer progresar sus ideas. Desde la creación del proyecto REVIR el año 2003, más de 20.000 estudiantes han participado en los talleres REVIR.

El proyecto REVIR y sus talleres ofrecen una estrecha relación entre investigación y acción educativa, ya que investigadores e investigadoras del CRECIM, expertas en didáctica de las ciencias, colaboran en la implementación y mejora de los talleres, y éste se usa como fuente de datos para la propia investigación en didáctica de las ciencias (fig. 4.2.a). Los talleres REVIR son escenarios en los que investigadoras e investigadores desarrollan investigaciones

para generar nuevos conocimientos en torno a la didáctica de las ciencias, y a su vez, para modificar y mejorar futuras versiones e implementaciones de dichos talleres. Además, en múltiples ocasiones el REVIR ha sido el contexto para la investigación llevada a cabo por diferentes estudiantes de máster y doctorado en educación en la especialidad de ciencias.

Las investigaciones hechas en el marco del REVIR contemplan distintas líneas de investigación: diseño de actividades y progresiones de aprendizaje; uso de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en el aula de ciencias; diseño de secuencias didáctica; ideas del alumnado y cómo mediar su progreso; y prácticas de modelización. Esto ha permitido que los talleres sean rediseñados teniendo en cuenta resultados que han permitido adecuarlos a las necesidades actuales de los respectivos talleres. Así, en este contexto de los talleres REVIR, se han desarrollado 25 artículos de investigación sobre enseñanza, aprendizaje y didáctica de las ciencias. Algunas de estas investigaciones que se han realizado son: Investigaciones como las de Couso y Garrido-Espeja (2017), Hernández, Couso y Pintó (2015), Soto, Couso, López y Hernández (2017) y Vergara, López, y Couso (2020), las cuales evidencian cómo clases de ciencias con un enfoque basado en la modelización median el progreso de las ideas del alumnado.



Figura 4.2.a. Los talleres REVIR median la conexión entre la investigación en didáctica de las ciencias y el aula de ciencias. Por un lado (flechas rojas), media que los conocimientos que son resultado de la investigación en didáctica de las ciencias se concreten a través de talleres experimentales. Por otro (flechas azules), permite establecer contextos idóneos para desarrollar investigaciones que luego se concreten a través propuestas didácticas.

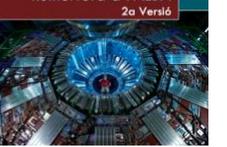
4.2.2. Características didácticas del diseño de los talleres REVIR.

Para comprender las características del diseño didáctico del taller REVIR es necesario tener en cuenta el respectivo contenido científico que se desarrolla, el uso de herramientas digitales que se promueve, y las secuencias de enseñanza que estructuran cada taller.

4.2.2.1. Contenido científico de los talleres REVIR.

Actualmente, el proyecto REVIR ofrece nueve talleres de física y química a estudiantes de secundaria y bachillerato. Estos talleres, que se muestran en la tabla 4.2.a, se orientan hacia la comprensión de un concepto o idea científica del currículo catalán a partir de un reto científico, tal como construir un airbag, conocer de qué depende la distancia de seguridad de un coche en la carretera, o saber cómo son las fuerzas que se ejercen sobre un saltador que realiza un salto de puéting.

Tabla 4.2.a. Talleres REVIR ofrecidos a estudiantes de secundaria y bachillerato, y sus respectivos enlaces a los dosieres.

<p>Dissipació de l'energia per fregament</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182178</p>	<p>Moviment, forces i energia en un salt de puenting</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182192</p>	<p>Interacció llum-matèria i efecte hivernacle</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182200</p>
<p>Radioactivitat: El cas de Fukushima 2a Versió</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182188</p>	<p>L'estructura de la matèria. De Rutherford a l'ALBA 2a Versió</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182187</p>	<p>Equilibri químic als oceans</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182185</p>
<p>Velocitat de reacció química en un airbag</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182179</p>	<p>Acústica de la veu i els sons musicals</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182165</p>	<p>Moviment de frenada i distància de seguretat a la carretera</p>  <p>https://ddd.uab.cat/record/182198</p>

4.2.2.2. Uso de herramientas digitales de los talleres REVIR.

Al inicio de cualquiera de los talleres REVIR señalados el sub apartado 4.2.2.1, el alumnado se organiza en pequeños grupos de tres a cinco estudiantes en torno a una de las ocho mesas de 4 m^2 de las que dispone el laboratorio. Cada una de estas mesas cuenta con un ordenador que posee el dossier digital con las actividades a seguir en el respectivo taller REVIR. Las actividades que el alumnado aborda a lo largo del taller son guiadas por secuencias de enseñanza basadas en resultados empíricos de investigaciones. Además, el alumnado hace uso de diferentes herramientas digitales, como data loggers LabQuest2 de Vernier inc. (fig. 4.2.b). Esto facilita que el alumnado pueda realizar una gran variedad de mediciones de magnitudes físicas en tiempo real (para medir distancia, temperatura, etc.), ya que cuenta con

una gran variedad de sensores. A través de estos sensores y un software para la representación de datos como el Logger pro, es posible realizar mediciones para obtener gráficas que caracterizan el fenómeno estudiado (fig. 4.2.c (derecha)). Además de gráficas, este software permite dibujar predicciones de gráficas estadísticas (fig. 4.2.a (izquierda)), y realizar distintos modelados estadísticos, tales como la regresión lineal y la regresión cuadrática.

De esta forma, la participación del alumnado en estos talleres REVIR, los cuales son orientados por el desarrollo de montajes experimentales y uso de herramientas digitales, facilitan su participación en las prácticas científicas de indagación, modelización y argumentación (López et al., 2017). En la figura 4.2.c podemos ver el ejemplo de una gráfica posición – tiempo obtenida a través del software Logger pro, y el data logger LabQuest2.



Fig. 4.2.b. Data logger LabQuest2 de Vernier inc.

Así mismo, el alumnado realiza simulaciones a través de montajes experimentales que les ayuda a expresar sus ideas. La manipulación de montajes experimentales favorece que el alumnado desarrolle los modelos que le permiten comprender el fenómeno estudiado, y, además, promueve que el alumnado se involucre en experiencias colectivas que median interacciones dialógicas (Colley & Windschitl, 2020). Además, fomenta que el alumnado se involucre más en el desarrollo de los montajes experimentales, análisis, obtención de resultados y posteriores conclusiones (Knipp, 2009). En la figura 4.2.c se desataca cómo las

ideas del alumnado transitan desde aquellas expresadas a través de predicciones (fig. 4.2.c (izquierda)), posteriormente evaluadas a través de simulaciones realizadas a través de montajes experimentales, donde las mediciones son realizadas a través de data loggers como el LabQuest2 (fig. 4.2.c (centro)), y luego evaluadas y revisadas a través de gráficas que caracterizan el fenómeno estudiado, obtenidas través del software Logger pro (fig. 4.2.c (derecha)).



Fig. 4.2.c. (Izquierda) Ejemplo de predicción gráfica posición – tiempo en programa Logger pro, que caracteriza un fenómeno de cinemática estudiado en un taller REVIR. (Centro) Alumnado realizando la simulación a través del montaje experimental que permite realizar la toma de datos a través de un sensor de movimiento Vernier que es conectado al data logger LabQuest2. (Derecha) Ejemplo de gráfica posición – tiempo en programa Logger pro, que caracteriza un fenómeno de cinemática estudiado en un taller REVIR, obtenida a través de un sensor de movimiento y el data logger LabQuest2.

Así también, para realizar las discusiones en grupo se usa una pizarra digital que les permite compartir sus ideas para construir aquellas que permiten explicar el fenómeno estudiado (López, Grimalt-Álvaro, & Couso, 2018). En la figura 4.2.d podemos ver la organización de las mesas de pequeños grupos de estudiantes y la distribución de éstas en el laboratorio en el que se desarrollan los talleres REVIR.

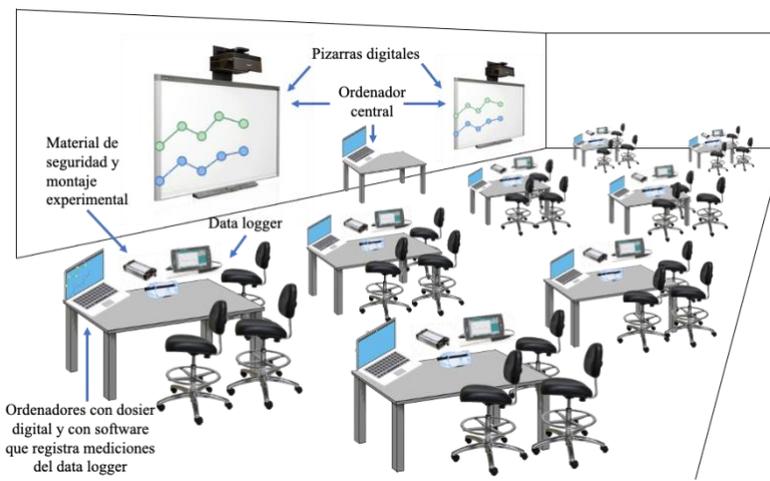


Fig. 4.2.d. Organización y materiales en mesas de pequeños grupos de estudiantes, ordenador central, y pizarras digitales en los talleres RE VIR.

4.2.2.3. Estructura didáctica de las secuencias de enseñanza en los talleres RE VIR.

A grandes rasgos, los nueve talleres RE VIR siguen una estructura didáctica similar, en la cual las actividades siguen una secuencia guiada por las fases de instrucción del ciclo de modelización (Couso & Garrido-Espeja, 2017). Cada fase de la instrucción de los talleres se relaciona con cierto objetivo didáctico cuya consecución supone la participación del alumnado en prácticas de modelización y el posible progreso de sus ideas hacia aquellas científicamente más aceptadas.

En primer lugar, los talleres empiezan con algunas preguntas y retos que podemos enmarcar dentro de una **fase de familiarización**. Al principio de los talleres el alumnado se enfrenta al fenómeno que se analizará, al montaje experimental a través del que se simulará dicho fenómeno, y algunas preguntas que permiten que el alumnado explore sus ideas. Estos

momentos suelen mediar que el alumnado sienta la necesidad de recurrir a sus modelos, o alguna idea que ha sido construida previamente, con cierta finalidad. Esta finalidad suele relacionarse con la descripción del fenómeno desde la percepción. Así también, durante esta fase de la instrucción, la participación de las docentes suele ser sólo la necesaria para que el alumnado use y/o exprese sus ideas para dar respuesta a las preguntas que orientan el desarrollo de esta fase del taller. Unos ejemplos de estas preguntas que orientan de esta fase de la instrucción que pertenecen al taller REVIR EV, son:

- a. ¿Qué factores hacen que la distancia mínima de seguridad entre dos vehículos sea más o menos grande?
- b. ¿Cómo intervienen estos factores?
 - 1.a. ¿Cómo lo harías para simular el movimiento de la frenada de un coche mediante este montaje?

Una vez familiarizados con el fenómeno, los talleres incluyen actividades y retos que podemos situar en una **fase de discusión**. En estas actividades el alumnado debe expresar y/o usar sus ideas o modelos para dar respuestas a las preguntas que se le formulan, tanto por parte del dossier, como también por parte de la docente. Estas preguntas, a diferencia de la fase de familiarización, tienen como objetivo que el alumnado no sólo describa el fenómeno desde la percepción que otorgan los sentidos, sino que también explique y/o prediga en torno a algún aspecto sobre el fenómeno analizado. Así también, en estas fases de la instrucción es cuando el alumnado profundiza en sus ideas poniéndolas a prueba. Esto puede ser mediado por las discusiones autónomas que surgen entre los estudiantes en los pequeños grupos, donde el alumnado cuestiona sus propias ideas que pretenden dar respuesta a las preguntas que guían el taller; o así también, por la intervención de las docentes, quienes, a lo largo de toda la fase de la instrucción, participan alternadamente en discusiones con los pequeños

grupos de estudiantes. De esta forma, el profesorado cuestiona y orienta las discusiones con el alumnado de manera oportuna y ajustada al progreso actual de sus ideas (ver sub apartado 4.2.3). Cabe mencionar que, usualmente, los tipos de interacciones que transcurren durante la fase de discusión son con los pequeños grupos de estudiantes. Sin embargo, es posible que en esta transcurran puestas en común en las que la docente pretende clarificar alguna idea del alumnado, o solicitar sus respuestas con respecto a alguna pregunta, las cuales, posteriormente, serán puestas a prueba.

Algunos ejemplos de estas preguntas que orientan el desarrollo que pertenecen al dossier del taller REVIR SP, son:

- 3.a. Dibuja el saltador en las diferentes etapas que has propuesto anteriormente (entre el instante en que se deja caer y el momento en que llega al punto más bajo por primera vez). Después añade los diagramas de las fuerzas que actúan sobre el saltador.
- 4.a. Indica sobre los diagramas anteriores los cambios que hay en la velocidad, en la aceleración y en las fuerzas sobre el saltador (si aumenta, si disminuye o si es cero).
- 4.b. Haz una predicción cualitativa de cómo crees que serán los gráficos posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo del movimiento del saltador. Puedes empezar por gráfico que te parezca.

Finalmente, todos los talleres del REVIR cuentan con una **fase de consenso**. Esta fase de la instrucción se corresponde con aquellos momentos del desarrollo de los talleres en los que, usualmente, el alumnado otorga la respuesta científicamente aceptada a las preguntas que guían el taller. Éstas suelen ocurrir durante las PC de los talleres, consensuando así aquellas ideas científicamente más aceptadas que permiten describir, explicar y predecir el fenómeno estudiado. Así, esta fase de la instrucción suele basarse en las preguntas que han guiado la fase de discusión, que suele ser previa a la fase de consenso.

4.2.3. El rol docente en la cultura de aula del REVIR.

Estos talleres son dirigidos por una docente con cuatro años de experiencia docente en el proyecto, junto con otras dos docentes de menor experiencia. Todas las docentes son personas especializadas en el contenido de científico de cada taller, como también en los conocimientos didácticos de dicho contenido. Todas y todos se focalizan en orientar y acompañar al alumnado en los pequeños grupos, pero sólo la docente que dirige el taller realiza las discusiones en gran grupo.

Los talleres REVIR siguen un enfoque basado en la modelización, es decir, se promueve que el alumnado use y exprese sus modelos iniciales con dibujos y gráficos para describir, explicar o predecir fenómenos; que evalúen modelos iniciales poniendo a prueba sus predicciones, diseñando experimentos, y compartiendo sus puntos de vista a través de interacciones dialógicas entre ellas y ellos, y con las docentes que dirigen el taller, y que revisen sus modelos modificando e incorporando nuevas ideas, evidencias y nuevos aspectos a su modelo inicial.

En concordancia con un enfoque basado en la modelización, los talleres REVIR se desarrollan en el contexto de una cultura de aula en la que priman los principios de la enseñanza dialógica de colectividad, reciprocidad, de apoyo, de propósito, y acumulativo (Alexander, 2017). De esta forma, el progreso de las ideas del alumnado se enmarca en interacciones dialógicas con las y los docentes, quienes median que las actividades, tareas y preguntas que guían el desarrollo de los talleres REVIR sean abordadas de manera conjunta (principio colectivo), que se compartan ideas, puntos de vista, escuchándose mutuamente para lograr un entendimiento más o menos consensuado (principio recíproco), y que se

expresen ideas libremente, sin temor a enunciar ideas científicamente poco aceptadas (principio de apoyo).

Así también, durante el desarrollo de los talleres REVIR, de manera aleatoria, las y los docentes participan en las discusiones del alumnado durante su trabajo en los pequeños grupos. Guiada por los principios previamente mencionados, la docente promueve una cultura de aula en la que prevalece la mayoría del tiempo un conflicto simétrico (Perl-Nussbaum y Yerushalmi, 2020), donde los modelos intuitivos del alumnado compiten entre sí al intentar describir, explicar o predecir el fenómeno estudiado. A su vez, la docente es capaz de entender el fenómeno estudiado desde las ideas del alumnado, lo que le favorece saber qué preguntas permiten cuestionar o poner a prueba los respectivos modelos e ideas del alumnado, con el objetivo de hacerlos progresar hacia aquellos científicamente más aceptados (principio de propósito). De esta forma, los conflictos simétricos en el aula de ciencias median que las ideas alumnado progresen a ideas científicamente aceptadas a través de un continuo encadenamiento de ideas de alumnado y docente (principio acumulativo). Por el contrario, en los conflictos asimétricos (Perl-Nussbaum y Yerushalmi, 2020), los modelos intuitivos del alumnado son corregidos a través de experimentos que respaldan respuestas científicamente aceptadas que describen, explican o predicen el fenómeno estudiado. Lo que favorece la idea de que los modelos científicamente más aceptados son contrarios a la intuición y experiencia cotidiana del alumnado.

A grandes rasgos podemos hablar de dos tipos de interacción entre docente y alumnado durante los talleres REVIR: interacciones con pequeños grupos (IP) (fig. 4.2.e) e interacciones con gran grupo, o puestas en común (PC) (fig. 4.2.f). Durante las IP, la docente

interactúa con los pequeños grupos de estudiantes abordando las actividades y preguntas del dossier del respectivo taller REVIR. En las IP, la docente no necesariamente promueve el consenso de ideas, sino más bien, promueve la exploración de éstas por parte del alumnado. Mientras que, en las PC, la docente interactúa con todo el grupo de estudiantes presentes en el taller. En las PC, la docente pretende realizar lo mismo que en una IP, pero privilegiando el consenso de ideas que dan respuesta a las preguntas y actividades del dossier. Cada una de las actividades del dossier es abordada, en primera instancia, por los pequeños grupos de estudiantes y durante interacciones personales, para en instancias posteriores del taller, ser discutidos con el resto de los pequeños grupos en una PC guiada por la docente.



Fig. 4.2.e. Interacciones con pequeños grupos de las y los docentes que guían los talleres REVIR. En amarillo destacamos que las y los docentes se focalizan en distintos pequeños grupos de estudiantes.

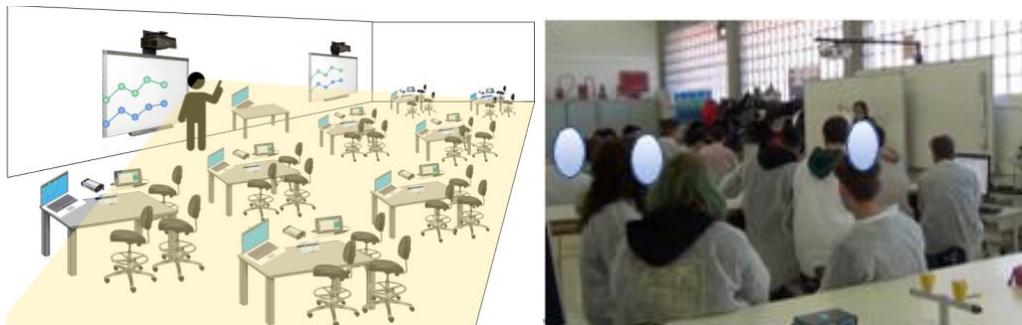


Fig. 4.2.f. Puestas en común donde la docente que guía el taller pretende interactuar con todos los pequeños grupos de estudiantes presentes en el taller. En amarillo destacamos que la docente se focaliza en los distintos pequeños grupos de estudiantes.

4.2.4. Taller “Estudio del movimiento de frenada de un vehículo” (EV).

En el taller **EV**, acrónimo de **E**studio del movimiento de frenada de un **V**ehículo (Pintó, Couso, & Hernández, 2016), el alumnado estudia la frenada de un coche de juguete mediante el data logger LabQuest2 y un sensor de movimiento.

4.2.4.1. Fase de familiarización: consensuando maneras de simular la frenada de un coche.

Durante esta fase de la instrucción, el alumnado reconoce aquellos factores externos que pueden afectar en la conducción de un coche en un carretera. A través del montaje experimental que se le facilita a cada uno de los grupos pequeños, el alumnado propone cómo simular la frenada de un coche en un carril (fig. 4.2.g). Luego, en conjunto con la docente, consensuan la manera más adecuada para simular la frenada de un coche en la carretera. Posteriormente, a través de la simulación, el alumnado logra reconocer qué instantes y tramos sirven para estudiar el movimiento de frenada el coche.

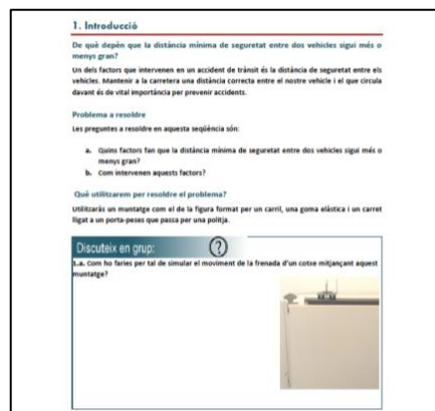


Fig. 4.2.g. Hoja del dossier que contiene las preguntas que se responden en la actividad uso de las propias ideas para hacer un análisis de fuerzas preliminar.

Se pretende que el alumnado reconozca que el movimiento de ida del coche de juguete permite simular una frenada de un coche en la carretera.

4.2.4.2. Primera fase de discusión: fuerzas que se ejercen sobre el coche.

Una vez el alumnado ha reconocido los instantes e intervalos de la simulación que sirven para estudiar el movimiento de frenada el coche, el alumnado expresa sus ideas para explicar el movimiento del coche durante la ida (frenada) y la vuelta, además de relacionar los componentes del montaje con su equivalente en el mundo real. Así también, el alumnado propone diagramas de fuerza para explicar cómo son las fuerzas que se ejercen sobre el coche durante la ida (frenada) y la vuelta (fig. 4.2.h).

2. Anàlisi inicial

Completa el teu dossier.

2.A. Com és que el cotxe es posa en marxa i què el fa parar?

2.B. Relaciona els components del muntatge utilitzat amb els elements de la carretera:

Al muntatge utilitzat	A la carretera
Carril	
Carril	
Cama elèctrica	
Porta-passei carril	
Càrrega del carril	

2.C. Dibuixa, mitjançant vectors, les forces que actuen sobre el cotxe (només apuntes). Posa el nom a cada vector.

Forces a l'arribada	Forces a la tornada

2.D. Explica si hi ha algun canvi en les forces actuants sobre el cotxe a l'arribada i a la tornada.

Fig. 4.2.h. Hojas del dossier que contienen las preguntas que se responden en la actividad elaboración de predicciones gráficas para evaluar los modelos del alumnado.

Se pretende que los diagramas de fuerzas hechos por el alumnado ayuden a comprender el movimiento de frenada del coche. Además, estos diagramas de fuerzas ayudarán a comprender las gráficas posición-tiempo que se obtendrán a partir del análisis de datos obtenidos a través del sensor de movimiento durante en la segunda fase de discusión: gráficas de movimiento.

4.2.4.3. Primera fase de consenso: fuerzas que se ejercen sobre el coche.

Una vez que ha pasado tiempo suficiente como para que los pequeños grupos de estudiantes expresaran su ideas relacionadas a las fuerzas que se ejercen sobre el coche durante su movimiento de ida y vuelta del coche, se realiza una puesta en común. La discusión que transcurre durante la puesta en común es orientada por la docente para poder alcanzar, desde la discusión de las ideas del alumnado, aquella idea científicamente aceptada que se espera que el alumnado alcance antes de continuar con posteriores actividades del taller.

4.2.4.4. Segunda fase de discusión: gráficas de movimiento.

Luego de que el alumnado ha consensuado cómo son las fuerzas que se ejercen sobre el coche de juguete durante su movimiento de ida y vuelta, el alumnado describe cómo sería el movimiento de un coche considerando distintas curvas en gráficas posición-tiempo propuestas en el dossier (fig. 4.2.i (izquierda)). Esta actividad funciona como una introducción para que el alumnado proponga una gráfica posición tiempo que describa el movimiento del coche durante su movimiento de ida y vuelta (fig. 4.2.i (derecha)). Dichas predicciones de gráficas de movimiento del coche son posteriormente comparadas con aquellas gráficas posición-tiempo obtenidas a través de la toma de datos.

3. Prediccions

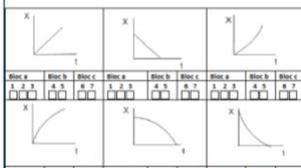
Per poder prendre mesures, utilitzarem un sensor de posició que detectarà les diferents posicions del carret al llarg del temps.

No obstant, abans d'utilitzar-lo, repassaràs qui ens indica la forma d'una gràfica.

Completa al teu dossier:

3.a. Observa cada gràfica i senyala la resposta que creus correcta de cadascun dels blocs:

Bloc a	1. Correcció a zero i amb una velocitat sempre igual
Bloc b	2. Correcció a zero i més de frenada
Bloc b	3. Correcció a zero i més de pujada
Bloc b	4. Si s'allunya de l'origen de la posició
Bloc c	5. Si s'allunya a l'origen de la posició
Bloc c	6. Si s'aproxima al zero
Bloc c	7. Si s'allunya de l'origen de la posició



Bloc a Bloc b Bloc c Bloc a Bloc b Bloc c Bloc a Bloc b Bloc c

Bloc a Bloc b Bloc c Bloc a Bloc b Bloc c Bloc a Bloc b Bloc c

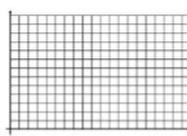
Predicció de les gràfiques x-t pel moviment d'anada i tornada del carret

En aquest apartat intentaràs predir quina forma tindrà la gràfica posició-temps del moviment d'anada i tornada del carret.

Completa al teu dossier:

3.b. Com creus que mesura el sensor de distància?

3.c. Dibuixa la forma que creus que tindrà la gràfica del carret pel moviment d'anada cap al sensor i de tornada. Interessa la forma de la gràfica no els seus valors numèrics. Marca damunt la gràfica les parts que corresponen als diferents moments del moviment del carret (anada i tornada).



3.d. La gràfica que has dibuixat correspon a un m.r.u.o.m.r.a.a?

Fig. 4.2.i. (Izquierda) Curvas en gràfiques posició-temps proposades en el dossier. (Derecha) Gràfica posició-temps en la que el alumnado debe proponer su predicció de curva.

Así también, durante esta fase de la instrucción, el alumnado realiza la toma de datos a través de un sensor de movimiento y el montaje que simula el movimiento de frenada del coche. A partir de esta toma de datos, el alumnado obtiene una curva en una gràfica posició-temps que describe el movimiento de ida (frenada) y vuelta del coche, la cual pueden comparar con aquella que han predicho previamente (fig. 4.2.j).

4. Presa i anàlisi de dades

Presa de dades
 Per tal d'aconseguir realitzar correctament la presa de dades haureu de seguir els següents passos:

- La configuració recomanada per la presa de dades és de 20 dades per segon durant 3 segons.
- Un dels membres del grup s'ha d'encarregar de llençar el carret. Per això, caldrà que abans d'iniciar l'enregistrament de dades, a la vegada que aguantu el carril amb una mà, tensi la goma elàstica amb el carret sense arribar a deixar-ho anar. Tal com podeu observar en la imatge següent.

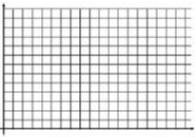


- Just quan el company deixi anar el carret iniciu l'enregistrament de dades.
 Podeu repetir l'experiència tants cops com vulgueu fins que creieu que heu obtingut una gràfica representativa del moviment del carret.

Anàlisi de les dades obtingudes
 Una vegada heu recollit les dades i gràfiques és moment d'analitzar-les.

Completa al teu dossier:

- Dibuixa la gràfica posició-temps pel moviment d'anada i tornada que heu obtingut.



- Identifica a la gràfica les diferents etapes que corresponen al moviment del carret (anada i tornada).
- Quines semblances i diferències observes, per cada etapa, entre la vostra gràfica posició-temps predita i l'obtinguda?

Fig. 4.2.j. Hojas del dossier que contienen las preguntas que se responden en la actividad revisando el modelos de fuerzas a través de resultados experimentales.

4.2.4.5. Segunda fase de consenso: gráficas de movimiento.

Luego de realizar la toma de datos, la docente guía el desarrollo de una puesta en común en la que media que el alumnado explique la curva en la gráfica posición-tiempo obtenida a partir de la toma de datos. En particular, una idea central que se aborda durante esta fase de instrucción se corresponde con las preguntas: ¿qué es más rápido? ¿la ida (frenada) o la vuelta del coche? y ¿por qué es así? La docente espera que el alumnado responda a estas preguntas a través de los diagramas de fuerza desarrollados durante la primera fase de discusión. Posteriormente, las gráficas posición-tiempo obtenidas a partir de la toma de datos son analizadas a través de una regresión cuadrática que permite obtener la función cuadrática que más se ajusta a la curva que describe el movimiento de ida (frenada) de la gráfica posición-

tiempo. Además, durante esta fase de consenso en algunos de los talleres REVIR EV, también se suelen consensuar ideas relacionadas a la importancia del sistema de referencia, donde la docente suele realizar preguntas tales como: ¿por qué la velocidad del coche de juguete es negativa?; y, ¿por qué su aceleración es positiva?; y si es positiva su aceleración, ¿el coche no debería ir aumentando su velocidad?; además, durante la vida cotidiana, ¿no suele ser al revés?

4.2.4.6. Ideas del modelo aplicadas al estudio de movimiento de frenada y distancia de seguridad en la carretera (EV).

A continuación, se presentan las ideas del modelo de fuerza aplicadas al taller EV que se espera que el alumnado sea capaz de revisar al finalizar el taller. Estas ideas corresponden a la caracterización del movimiento de frenada de un coche en la carretera según las fuerzas que se ejercen sobre él durante su trayectoria de ida (frenada) y vuelta, y así también, según cómo son las respectivas velocidades y aceleraciones en cada instante y tramo de su ida (frenada) y vuelta.

Hemos dividido el fenómeno estudiado en fenómenos discretos. Para el caso del taller EV, el coche, durante su ida (frenada) y regreso, describe una trayectoria, primero, desde que es lanzado; segundo, en la partida de su movimiento de ida (frenada); tercero, en su movimiento de ida (frenada); cuarto, cuando frena por completo; y finalmente, en su movimiento de vuelta. Cada uno de estos fenómenos (discretos) se desarrollan en intervalos delimitados por instantes. Dichos intervalos e instantes se definen según cómo son las fuerzas que actúan sobre el coche. Las fuerzas son: aquella que le dona la goma al ser lanzado para realizar su

movimiento de ida (F_{goma}); el peso de la masa que cuelga ejercido a través de la cuerda que lo une con el coche, es decir, la tensión de la cuerda (T); y la fuerza de roce de las ruedas del coche al interactuar con el chasis y el carril (F_{roce}).

De esta forma, en la tabla 4.2.b caracterizamos el movimiento de ida (frenada) y vuelta del coche. En la primera columna, de izquierda a derecha, se enuncia con respecto a qué dimensión caracterizamos el movimiento de frenada del coche, y en las siguientes siete columnas se caracteriza el movimiento del coche respecto a dichas dimensiones y según el instante e intervalo por el cual transita el coche. En estas columnas de instantes y tramos se enuncian los fenómenos discretos mencionados previamente. Además, convendremos que aquellas magnitudes vectoriales que tienen la dirección y sentido de la ida (frenada) del coche, serán positivas. Mientras que aquellas magnitudes vectoriales que poseen esta misma dirección, pero contrarias al sentido de ida (frenada), serán negativas.

Tabla 4.2.b. Caracterización del movimiento de frenada del coche en la carretera según el modelo de fuerzas.

	Fenómenos discretos, e instantes e intervalos de la frenada del coche caracterizados según la respectiva dimensión						
Fenómenos discretos	Lanzamiento de coche			Partida	Ida (frenada)	Coche frena	Regreso
Tramos e instantes	Instante: El coche se encuentra agarrado mientras la goma se estira a través de éste.	Instante: El coche ya no es agarrado. La goma apenas empieza a acelerar el coche.	Intervalo: El coche es acelerado en el sentido de su movimiento a través de la goma.	Instante: El coche apenas se desprende de la goma.	Intervalo: El coche disminuye su velocidad.	Instante: El coche frena.	Intervalo: El coche se dirige hacia la goma.
Módulo de fuerzas	$ F_{goma} = F_{mano} $ $ F_{goma} _{max}$ $ F_{mano} _{max}$	$ F_{goma} _{max}$ $ F_{mano} = 0$	$ F_{goma} (dism) > 0$ $ F_{roce} > 0$ $ T > 0$	$ F_{goma} = 0$ $ F_{roce} > 0$ $ T > 0$ $ F_{ida} > F_{vuelta} $	$ F_{roce} > 0$ $ T > 0$ $ F_{ida} > F_{vuelta} $	$ F_{roce} > 0$ $ T > 0$ $ F_{ida} > F_{vuel} $	$ F_{roce} > 0$ $ T > 0$ $ F_{ida} > F_{vueltt} $
Fuerzas y sumatoria de fuerzas	$\Sigma F = 0$ $F_{goma} > 0$ $F_{mano} < 0$	$\Sigma F > 0$ $F_{goma} > 0$ $F_{mano} = 0$ $T < 0$	$\Sigma F > 0$ $F_{goma} > 0$ $F_{roce} < 0$ $T < 0$	$\Sigma F_{ida} < 0$ $F_{goma} = 0$ $T < 0$ $F_{roce} < 0$	$\Sigma F_{ida} < 0$ $T < 0$ $F_{roce} < 0$	$\Sigma F_{vuelta} < 0$ $T < 0$ $F_{roce} < 0$	$\Sigma F_{vuelta} < 0$ $T < 0$ $F_{roce} > 0$
Diagramas de fuerzas							
Aceleración	$a = 0$	$a > 0$ $ a _{max}$	$a > 0$ $ a (dism)$	$a_{ida} < 0$ $ a_{ida} _{cte} > a_{vuelta} $	$a_{ida} < 0$ $ a_{ida} _{cte} > a_{vuelta} $	$a_{ida} < 0$ $ a_{ida} _{cte} > a_{vuelta} $	$a_{ida} < 0$ $ a_{ida} _{cte} > a_{vuelta} $
Velocidad	$v = 0$ $ v = 0$	$v = 0$ $ v = 0$	$v > 0$ $ v _{aum}$	$v > 0$ $ v_{ida} _{max}$	$v > 0$ $ v_{ida} (dism)$ $ v_{ida} > v_{vuelta} $	$v = 0$ $ v = 0$ $ v_{ida} > v_{vuelta} $	$v < 0$ $ v_{vuelta} (aum)$ $ v_{ida} > v_{vuelta} $

4.2.5. Taller “Estudio de fuerzas que actúan sobre un Saltador en un salto de Puénting” (SP).

En el taller **SP**, acrónimo de Fuerzas y energía en un Salto de Puénting (Herrera, Garrido, & López, 2016) el alumnado analiza la caída de un objeto atado a una goma elástica mediante el data logger LabQuest2 y un sensor de movimiento.

4.2.5.1. Fase de familiarización: consensuando los instantes claves para estudiar el movimiento de descenso del saltador.

Durante esta fase de la instrucción, el alumnado observa el vídeo del saltador de puenting en el ordenador. Posteriormente, en el dossier que contiene las preguntas que se responden en esta actividad (fig. 4.2.k), el alumnado describe la caída del saltador y menciona los instantes y/o intervalos que podrían ser útiles para poder estudiar su movimiento de descenso.

The image shows a worksheet with the following content:

1. Introducció
Amb la crisi que ens afecta, un grup d'amics hem decidit crear una empresa d'esports d'aventura i com que el pare d'un de nosaltres té una grua que ja no fa servir hem pensat utilitzar-la per fer salts de puenting o bungee jumping.
Al llarg d'aquesta pràctica, intentarem resoldre com oferir un salt emocionant i alhora segur als nostres clients.

2. Anàlisi del fenomen
Observa el següent vídeo des del minut 1:15 fins 1:30 (obre l'enllaç; prement control i clicant damunt la imatge)

Completa al teu dossier

2.a. Havent vist aquest vídeo, explica què li va passant a la corda i al saltador durant la caiguda.

2.b. Per què diries que el saltador no para de cop?

2.c. Tenint en compte que el saltador no es mou tota l'estona igual, pensa quines etapes podries fer servir per estudiar el seu moviment des de que comença a saltar fins que arriba per primer cop al punt més baix. Fes una llista amb el nom de les etapes.

Fig. 4.2.k. Hoja del dossier que contiene las preguntas que se responden en la actividad uso de las propias ideas para hacer un análisis de fuerzas preliminar.

A través de estas preguntas se pretende que el alumnado reconozca los instantes e intervalos que, posteriormente, permitirán estudiar el movimiento del saltador. Además, al final de esta actividad, dichos instantes e intervalos de descenso del saltador son consensuados durante una puesta en común.

4.2.5.2. Primera fase de discusión: fuerzas que se ejercen sobre el saltador, y sus respectivas velocidades y aceleraciones.

Hasta ahora, el alumnado ha reconocido los instantes e intervalos que permiten caracterizar el movimiento del saltador en el salto de puenting. Durante esta primera fase de discusión, el alumnado debe dibujar las fuerzas que se ejercen sobre el saltador durante los instantes e intervalos reconocidos en la actividad anterior, y así también, debe caracterizarlos con sus respectivas aceleraciones y velocidades (fig. 4.2.L).

3. Análisi de les forces que hi intervenen

Per ajudar-te a estudiar aquest salt de puenting, et proposem que analitzis les forces que intervenen durant el salt.

Durant la caiguda sobre el saltador actuen forces que poden anar variant al llarg del moviment.

Completa el teu dossier:

1.a. Dibuixa el saltador en les diferents etapes que has proposat anteriorment (entre el moment en que es deixa caure i el moment en que arriba al punt més baix per primera vegada). Després afegex els diagrames de les forces que actuen sobre el saltador.

Diagrama de forces

1. 2. 3. 4. 5. 6.

Fig. 4.2.L. Hojas del dossier que contienen las preguntas que se responden en la actividad elaboración de predicciones gráficas para evaluar los modelos del alumnado.

Posteriormente, se pretende que estas caracterizaciones a través de fuerzas, velocidades, y aceleraciones, permita proponer predicciones de curvas en gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo que caracterizan el movimiento de descenso del saltador.

4.2.5.3. Primera fase de consenso: fuerzas que se ejercen sobre el coche.

Una vez que ha pasado tiempo suficiente como para que los pequeños grupos de estudiantes expresaran su ideas relacionadas a las fuerzas que se ejercen sobre el saltador en cada uno de sus instantes e intervalos de su movimiento de descenso, además de sus respectivas velocidades y aceleraciones, la docente guía el desarrollo de una puesta en común. En esta puesta en común, la discusión que transcurre es orientada por la docente para poder alcanzar, desde la discusión de las ideas del alumnado, aquella idea científicamente aceptada que se espera que el alumnado alcance antes de continuar con posteriores actividades del taller.

4.2.5.4. Segunda fase de discusión: gráficas de movimiento.

Hasta ahora, el alumnado ha consensuado cómo son las fuerzas que se ejercen sobre el saltador durante su movimiento de descenso, además de sus respectivas velocidades y aceleraciones. De esta forma, durante esta segunda fase de discusión, el alumnado propone curvas en gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo, y aceleración-tiempo, que caracterizan el movimiento de descenso del saltador, tendiendo en consideración los instantes e intervalos previamente consensuados (fig. 4.2.m).

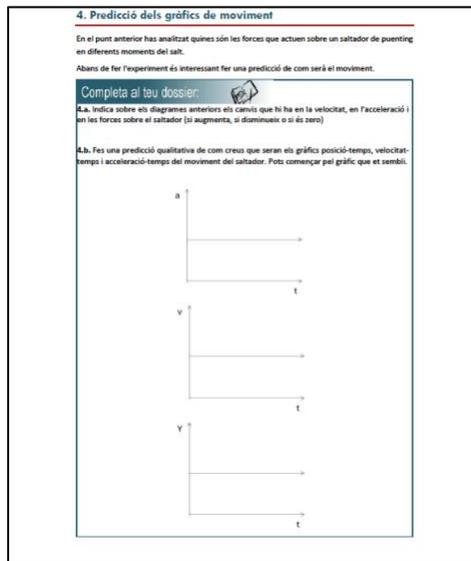


Fig. 4.2.m. Hojas del dossier que contienen las preguntas que se responden en la actividad elaboración de predicciones gráficas para evaluar los modelos del alumnado.

Posteriormente, el alumnado utiliza un montaje experimental en que se simula una persona haciendo un salto de puenting y realiza una toma de datos a través de un sensor de movimiento y el software de recogida y análisis de datos Logger Pro. Esto permite obtener las gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo que caracterizan el movimiento de descenso del saltador (Fig. 4.2.n (Izquierda)). Posteriormente el alumnado compara dichas gráficas con aquellas que se habían predicho previamente (Fig. 4.2.n (Derecha)).

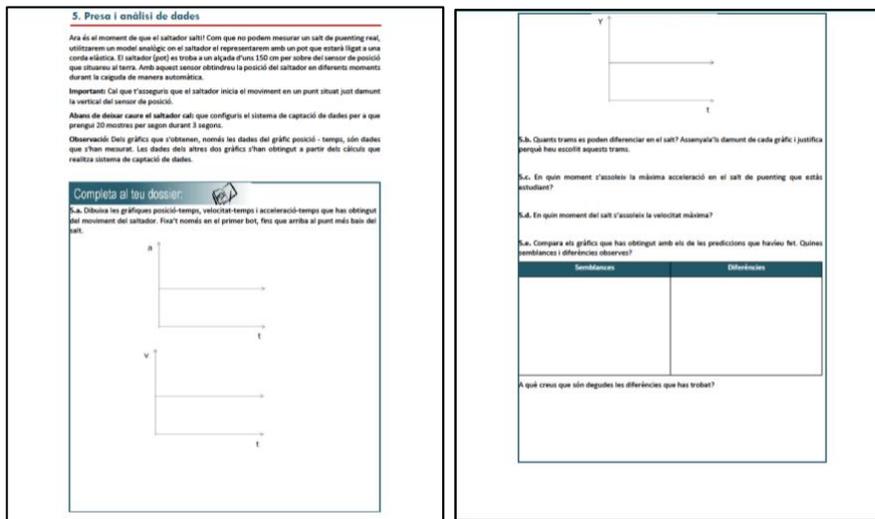


Fig. 4.2.n. Hojas del dossier que contienen las preguntas que se responden en la actividad revisando el modelos de fuerzas a través de resultados experimentales.

4.2.5.5. Segunda fase de consenso: gráficas de movimiento.

Luego de realizar la toma de datos, la docente guía el desarrollo de una puesta en común en la que media que el alumnado identifique los instantes e intervalos consensuados en la primera fase de consenso en la curva en la gráfica posición-tiempo obtenida a partir de la toma de datos.

4.2.5.6. Ideas del modelo aplicadas al taller de estudio de fuerzas en un salto de puenting (SP).

A continuación, utilizando las ideas del modelo de fuerzas mencionado en el sub apartado 2.3.5, se presentan las ideas del modelo de fuerza aplicadas al taller SP que se espera que el alumnado sea capaz de revisar al finalizar el taller. Estas ideas corresponden a la caracterización del movimiento de descenso del saltador de puenting según las fuerzas que

se ejercen sobre él durante su trayectoria de descenso, y así también, según las respectivas velocidades y aceleraciones en cada instante y tramo de su descenso.

Hemos dividido el fenómeno estudiado en fenómenos discretos. Para el caso del taller SP, el saltador, a lo largo de su descenso, describe una trayectoria en la que se encuentra, primero, en caída libre; segundo, cuando el peso del saltador (P) es mayor (en módulo) que la fuerza elástica de la cuerda; tercero, cuando el módulo del peso del saltador (P) se iguala con el módulo de la fuerza elástica de la cuerda (F_{el}); y finalmente, cuando el peso del saltador (P) es menor (en módulo) que la fuerza elástica de la cuerda (F_{el}). Cada uno de estos fenómenos (discretos) se desarrollan en tramos delimitados por instantes. Dichos tramos e instantes se definen según cómo son las fuerzas que actúan sobre el saltador. Las fuerzas son el peso del saltador (P) y la fuerza elástica de la cuerda (F_{el}).

De esta forma, en la tabla 4.2.c, caracterizamos el movimiento del saltador a lo largo de su trayectoria de descenso al pasar por los distintos instantes y tramos. De esta forma, en la columna uno, de izquierda a derecha, se enuncia con respecto a qué dimensión caracterizamos el movimiento de descenso del saltador, y en las siguientes siete columnas caracterizamos el movimiento del saltador respecto a dichas dimensiones y según el instante y tramo por el cual desciende el saltador. Estas columnas de instantes y tramos de descenso del saltador se organizan en los fenómenos discretos mencionados previamente. Además, convendremos que aquellas magnitudes vectoriales que tienen la dirección y sentido del descenso del saltador serán negativas. Mientras que aquellas magnitudes vectoriales que poseen esta misma dirección, pero contrarias al sentido de descenso, serán positivas.

Tabla 4.2.c. Caracterización del movimiento de descenso del saltador de puenting según el modelo de fuerzas

Fenómenos discretos, e instantes y tramos del descenso del saltador caracterizados según la respectiva idea del modelo de fuerzas							
Fenómenos discretos	Caída libre		El peso del saltador (P) es mayor (en módulo) que la fuerza elástica de la cuerda (F_{el}).		$ F_{el} = P $	El peso del saltador (P) es menor (en módulo) que la fuerza elástica de la cuerda (F_{el}).	
Tramos e instantes	Instante: Inicio caída libre.	Intervalo: Caída libre.	Instante: La fuerza elástica de la cuerda comienza a ejercerse sobre el saltador.	Intervalo: El módulo de la fuerza elástica de la cuerda aumenta.	Instante: Equilibrio de fuerzas	Intervalo: El módulo de la fuerza elástica es mayor que el del peso del saltador.	Instante: El módulo de la fuerza elástica es máximo, y mayor que el del peso del saltador.
Módulo de fuerzas	$0 = F_{el} < P $	$0 = F_{el} < P $	$ F_{el} < P $	$ F_{el} < P $	$ F_{el} = P $	$ F_{el} > P $	$ F_{el} > P $, $ F_{el} \max$
Fuerzas y sumatoria de fuerzas	$\Sigma F < 0$ $P < 0$ $F_{el} = 0$	$\Sigma F < 0$ $P < 0$ $F_{el} = 0$	$\Sigma F < 0$ $P < 0$, $F_{el} > 0$	$\Sigma F < 0$ $P < 0$ $F_{el} > 0$	$\Sigma F = 0$ $P = -F_{el}$	$\Sigma F > 0$ $P < 0$ $F_{el} > 0$	$\Sigma F > 0$ $P < 0$ $F_{el} > 0$
Diagrama de fuerzas							
Aceleración	$a < 0$ $ a = g $	$a < 0$ $ a = g $	$a < 0$ $ a \text{ (dism) } < g $	$a < 0$ $ a \text{ (dism) } < g $	$a = 0$ $ a = 0$	$a > 0$ $ a \text{ (aum) } > g $	$a > 0$ $ a \max > g $
Velocidad	$v = 0$ $ v = 0$	$v < 0$ $ v \text{ (aum) }$	$v < 0$ $ v \text{ (aum) }$	$v < 0$ $ v \text{ (aum) }$	$v < 0$ $ v \max$	$v < 0$ $ v \text{ (dism) }$	$v = 0$ $ v = 0$

4.3. Toma y adaptación de los datos.

A lo largo de esta sección abordamos la descripción de cada uno de los talleres REVIR grabados durante esta investigación. En particular, describimos cómo hemos realizado la toma de datos en cada uno de ellos, cómo hemos particionado los talleres REVIR en función del tipo de interacción entre alumnado y docente, y cómo son las transcripciones finales que hemos obtenidos y que son posteriormente analizadas.

4.3.1. Participantes en la toma de datos.

Cada uno de los talleres REVIR se realizan entre dos y cuatro veces por mes, desde septiembre hasta junio de cada año académico. Para el caso de esta investigación, recogimos **datos** en cuatro talleres REVIR. Durante los meses de enero y febrero de 2019 y 2020 se grabaron en vídeo cuatro talleres REVIR, dos de EV (con códigos EV19 y EV20) y dos de SP (con códigos SP19 y SP20). Para los cuatro talleres grabados han asistido cuatro grupos-clase distintos, todos provenientes de institutos situados en la provincia de Barcelona. Todos estos talleres fueron realizados en el idioma catalán.

En la siguiente tabla (tabla 4.3.a) destacamos la información correspondiente a los institutos participantes (tanto alumnado como profesorado) de cada uno de los talleres grabados. Los nombres reales del profesorado han sido modificados.

Tabla 4.3.a. Talleres REVIR (SP y EV) grabados, su respectivo código de identificación, el día que fue grabado, el instituto que asistió al taller, y las y los docentes involucrados en el respectivo taller. En asterisco (*) destacamos aquellos docentes que han sido grabados durante el desarrollo de los respectivos talleres REVIR.

Código del taller REVIR	Fecha de realización del taller	Instituto que asistió	Docentes que participaron	Equipos docentes
EV19	10/1/2019	Narcis Monturiol	Martina*, Alba, y Carles.	Equipo docente 2019 (D1)
SP19	13/2/2019	Guillem de Berguedà	Martina*, Alba, y Carles.	
SP20	10/2/2020	Matadepera	Marisa*, Genís*, y Carles*.	Equipo docente 2020 (D2)
EV20	27/2/2020	Icària	Marisa*, Genís*, y Carles*.	

4.3.2. Sistema de toma de datos mediante audio y video de los talleres REVIR EV y SP.

Los talleres REVIR del año 2019 (EV19 y SP19) fueron grabados en audio y vídeo. Para poder ser grabados, todos los apoderados y apoderadas de los participantes que asisten a los talleres REVIR han firmado un consentimiento acorde con el derecho de imagen reconocido en el artículo 18.1 de la constitución y regulada por la Ley 5/1982, de 5 de mayo, sobre el derecho de al honor, a la intimidad personal y familia y a la propia imagen.

El audio fue grabado a través de una grabadora de voz. La docente que dirigía el taller cargaba la grabadora de audio con el micrófono puesto en la solapa de su bata. El vídeo fue grabado a través de un cámara que se situaba en una de las esquinas del laboratorio en el que se desarrollaba el taller. La cámara apuntaba a la pizarra, debido al interés que teníamos de grabar a la docente al momento de realizar las puestas en común frente a todo el alumnado del taller. En algunos momentos, la cámara era dirigida a la docente mientras interactuaba con los grupos pequeños durante las IP mientras se desarrollaban las actividades del

respectivo taller. De esta manera, la disposición espacial del taller es similar a la expuesta en la figura 4.3.a.

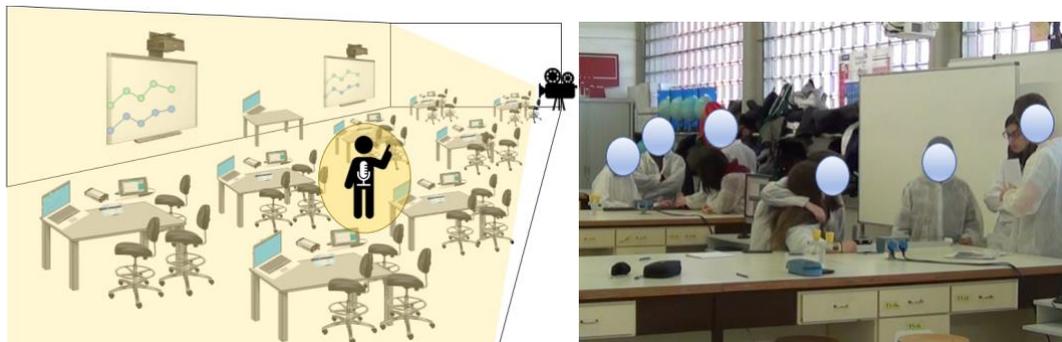


Fig. 4.3.a. Disposición espacial de las y los participantes, la grabadora de vídeo, y la grabadora de voz en los talleres EV19 y SP19. En amarillo destacamos el espacio que abarcaba la grabadora de audio y vídeo.

Los talleres REVIR del año 2020 (EV20 y SP20) fueron grabados sólo en vídeo. La manera de grabar fue a través de una cámara de vídeo que se situaban en la mesa en la cual se situaría un grupo pequeño de estudiantes. De los grupos pequeños de estudiantes que eran grabados, unos eran sugerencia de la profesora o profesor de ciencias que acompañaba al instituto que asistía al respectivo taller REVIR, mientras que el resto de pequeños grupos eran elegidos al azar. La cámara se situaba en el extremo opuesto de la mesa a donde se sentaba el pequeño grupos de estudiantes, de tal manera que la imagen fuera capaz de grabar a cada integrante del grupo pequeño. De esta forma, las cámaras de vídeo grababan las IP del alumnado con el o la docente al desarrollar las actividades del respectivo taller. Durante las PC, uno de los docentes que apoyaba a la docente que dirigía el taller, tomaba una de las cámaras y la dirigía a la docente que realizaba la PC, y cuando correspondía, grababa al pequeño grupo de estudiantes que estuviera expresando sus ideas en dicho momento. De esta manera, la disposición espacial del taller es similar a la expuesta en la figura 4.3.b.

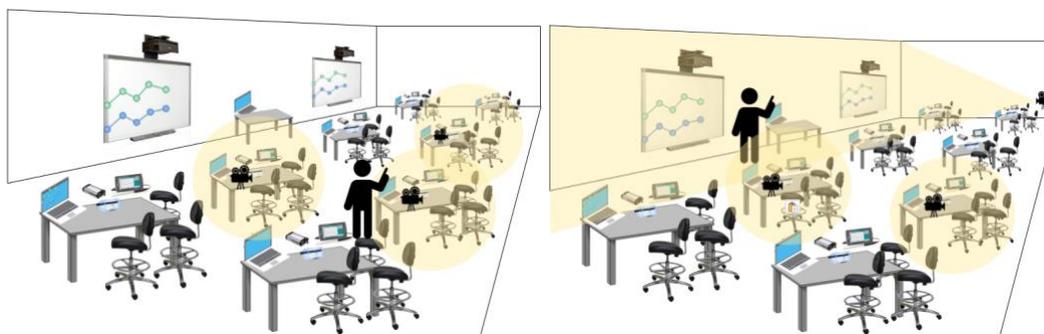


Fig. 4.3.b. (Izquierda) Disposición espacial de las y los participantes, y las grabadoras de vídeo que graban a los pequeños grupos de estudiantes en los talleres EV20 y SP20. En amarillo destacamos el espacio que abarcaban las lentes de las grabadoras de vídeo. (Derecha) Disposición espacial de las y los participantes, y la grabadoras de vídeo que graba a la docente y los pequeños grupos que interactuaban con ella durante una PC en los talleres EV20 y SP20. En amarillo destacamos el espacio que abarcaban las lentes de las grabadoras de vídeo.

4.3.3. Organización de las horas de grabación en episodios.

De las casi once horas de grabación obtenidas de los cuatro talleres grabados, distribuidas tal como se muestra en la tabla 4.3.b, seleccionamos un total de 60 episodios, correspondientes a IP y PC que percibimos relevantes desde el punto de vista del progreso de las ideas del alumnado, o por su participación en prácticas de modelización. A continuación, procedemos a mencionar la cantidad IP y PC en cada taller, así como la duración de cada una de éstas, y las docentes involucradas en dichas interacciones.

Tabla 4.3.b. Horas de grabación obtenida y sistema de grabación para cada uno de los talleres REVIR grabados.

Código del taller	Sistema de grabación	Horas de grabación obtenidas.
EV19	Cámara general, micrófono particular (Martina).	2 horas, 23 minutos
SP19	Cámara general, micrófono particular (Martina).	2 horas, 42 minutos
SP20	Cámara particular en dos pequeños grupos de estudiantes.	2 horas, 3 minutos
EV20	Cámara particular en tres pequeños grupos de estudiantes.	2 horas, 21 minutos

4.3.3.1. Episodios del taller SP19.

En el taller SP19, el tiempo de grabación de 18 episodios es cincuenta y ocho minutos. A continuación, en la tabla 4.3.c, caracterizamos cada uno de los episodios que conforman el taller SP19 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración. Además, agrupamos los episodios según la actividad del taller en la que se desarrollan.

Tabla 4.3.c. Caracterización de cada uno de los episodios que conforman el taller SP19 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración.

Código de episodio	Tipo de interacción	Profesoras /profesores involucrados	Minuto inicio	Minuto término	Duración
Fase de familiarización (Duración episodios: 00:07:42) (Duración: 00:22:07)					
Ep1 IP SP19	IP	Martina	17:40	19:43	02:43
Ep2 IP SP19	IP	Martina	21:21	22:15	00:54
Ep3 PC SP19	PC	Martina	23:16	27:21	04:05
Primera fase de discusión (Duración episodios: 00:24:07) (Duración: 00:49:42)					
Ep4 IP SP19	IP	Martina	34:16	35:30	01:14
Ep5 IP SP19	IP	Martina	37:39	44:46	07:07
Ep6 IP SP19	IP	Martina	44:48	53:47	09:00
Ep7 IP SP19	IP	Martina	53:52	55:51	01:59
Ep8 IP SP19	IP	Martina	55:58	01:00:45	04:47
Primera fase de consenso (Duración episodios: 00:08:00) (Duración: 00:09:35)					
Ep9 PC IP19	PC	Martina	01:17:03	01:25:03	08:00
Segunda fase de discusión (Duración episodios: 00:14:10) (Duración:00:58:13)					
Ep10 PC IP19	PC	Martina	01:25:38	01:27:55	02:17
Descanso					
Ep11 IP SP19	IP	Martina	32:47	33:17	00:30
Ep12 IP SP19	IP	Martina	33:41	34:22	00:41
Ep14 IP SP19	IP	Martina	35:28	36:56	01:28
Ep15 IP SP19	IP	Martina	37:02	41:30	04:28
Consenso de ideas (Duración episodios: 00:03:44) (Duración: 00:03:44)					
Ep18 PC SP19	PC	Martina	55:56	59:40	03:44

4.3.3.2. Episodios del taller EV19.

En el taller EV19, el tiempo de grabación de 26 episodios es noventa y dos minutos. A continuación, en la tabla 4.3.d, caracterizamos cada uno de los episodios que conforman el taller EV19 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración. Además, agrupamos los episodios según la actividad del taller en la que se desarrollan.

Tabla 4.3.d. Caracterización de cada uno de los episodios que conforman el taller EV19 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración.

Código de episodio	Tipo de interacción	Profesoras /profesores involucrados	Minuto inicio	Minuto término	Duración
Fase de familiarización (Duración episodios: 00:21:37) (Duración: 00:31:14)					
Ep1 IP EV19	IP	Martina	15:15	15:54	00:39
Ep2 IP EV19	IP	Martina	16:02	16:53	00:51
Ep3 IP EV19	IP	Martina	18:57	20:01	01:04
Ep4 IP EV19	IP	Martina	20:30	21:39	01:09
Ep5 IP EV19	IP	Martina	21:41	22:49	01:08
Ep6 IP EV19	IP	Martina	23:14	24:27	01:13
Ep7 IP EV19	IP	Martina	25:11	26:07	00:56
Ep8 IP EV19	IP	Martina	26:26	27:52	01:26
Ep9 IP EV19	IP	Martina	29:40	30:45	01:05
Ep10 PC EV19	PC	Martina	31:37	43:43	12:06
Primera fase de discusión (Duración episodios: 00:05:28) (Duración: 00:24:55)					
Ep11 IP EV19	IP	Martina	55:45	56:17	00:32
Ep12 IP EV19	IP	Martina	56:54	58:12	01:18
Ep13 IP EV1	IP	Martina	58:47	01:02:01	02:14
Ep14 IP EV19	IP	Martina	01:02:06	01:03:30	01:24
Primera fase de consenso (Duración episodios: 00:17:28) (Duración: 00:17:28)					
Ep15 PC EV19	PC	01:08:51	01:26:19	17:28	
Segunda fase de discusión (Duración episodios: 07:58) (Duración: 01:22:56)					
Ep16 PC SP1	PC	01:52:40	02:00:38	07:58	
Descanso					
Segunda fase de consenso (Duración episodios: 00:05:43) (Duración: 00:05:43)					
Ep21p.1 PC EV19	PC	Martina	48:33	00:54:16	05:43

4.3.3.3. Episodios del taller SP20.

En el taller SP20, el tiempo de grabación de 14 episodios es de cincuenta minutos. A continuación, en la tabla 4.3.e, caracterizamos cada uno de los episodios que conforman el taller EV19 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración. Además, agrupamos los episodios según la actividad del taller en la que se desarrollan.

Tabla 4.3.e. Caracterización de cada uno de los episodios que conforman el taller SP20 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración

Código de episodio	Tipo de interacción	Profesoras /profesores involucrados	Minuto inicio	Minuto término	Duración
Fase de familiarización (Duración episodios: 00:06:17) (Duración: 00:24:25)					
Ep1 IP SP20	IP	Carles	10:55	11:40	00:45
Ep2 IP SP20	IP	Genís	17:30	18:32	01:02
Ep3 PC SP20	PC	Marisa	21:00	25:30	04:30
Primera fase de discusión (Duración episodios: 00:18:43) (Duración: 00:58:10)					
Ep4 PC SP20	PC	Marisa	40:00	42:28	02:28
Ep5 IP SP20	IP	Marisa	49:50	54:55	05:05
Ep6 IP SP20	IP	Marisa	55:40	57:40	02:00
Ep7 IP SP20	IP	Carles	01:08:50	01:18:00	09:10
Primera fase de consenso (Descripción episodios: 00:10:40) (Duración: 00:10:40)					
Ep8 PC SP20	PC	Marisa	01:23:40	01:34:20	10:40
Segunda fase de discusión (Duración episodios: 00:02:01) (Duración: 00:21:20)					
Ep9 IP SP20	IP	Genís	01:39:13	01:40:19	01:06
Ep11 IP SP20	IP	Genís	01:53:30	01:54:20	00:50
Descanso					
Consenso de ideas (Duración episodios: 00:08:28) (Duración: 00:08:28)					
Ep12 PC SP20	PC	Marisa	00:30	02:40	02:10
Ep13 PC SP20	PC	Marisa	27:50	34:08	06:18

4.3.3.4. Episodios del taller EV20.

En el taller EV20, el tiempo de grabación de 16 episodios es ochenta y un minutos. A continuación, en la tabla 4.3.f, caracterizamos cada uno de los episodios que conforman el

taller EV19 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración. Además, agrupamos los episodios según la actividad del taller en la que se desarrollan.

Tabla 4.3.f. Caracterización de cada uno de los episodios que conforman el taller EV20 según el tipo de interacción entre alumnado y docente, las docentes involucradas, y su duración

Código de episodio	Tipo de interacción	Profesoras /profesores involucrados	Minuto inicio	Minuto término	Duración
Fase de familiarización (Duración episodios: 00:05:47) (Duración: 00:13:40)					
Ep1 IP EV20	IP	Marisa	04:05	04:55	00:50
Ep3 IP EV20	IP	Genís	05:05	05:30	00:25
Ep4 IP EV20	IP	Genís	05:55	06:37	00:42
Ep5 PC EV20	PC	Genís	10:30	13:40	03:50
Primera fase de discusión (Duración episodios: 00:06:03) (Duración: 00:13:08)					
Ep6 IP EV20	IP	Carles	20:20	21:05	00:45
Ep7 IP EV20	IP	Carles	21:40	26:58	05:18
Primera fase de consenso (Duración episodios: 00:14:42) (Duración: 00:14:42)					
Ep8.1 PC EV20	PC	Genís, Marisa	26:58	42:40	14:42
Segunda fase de discusión (Duración episodios: 00:19:47) (Duración: 00:50:45)					
Ep8.2 PC EV20	PC	Genís, Marisa	26:58	42:40	14:42
Ep9 IP EV20	IP	Genís	50:03	51:06	01:03
Ep10 IP EV20	IP	Carles	53:45	01:00:40	06:55
Ep11 IP EV20	IP	Marisa	01:02:30	01:03:20	00:50
Ep12 PC EV20	PC	Genís, Marisa	01:03:35	01:14:34	10:59
Segunda fase de consenso (Duración episodios: 00:03:55) (Duración: 00:03:55)					
Ep13 PC EV20	PC	Genís, Marisa	01:33:25	1:37:20	03:55
Descanso					
Tercera fase de discusión (Duración episodios: 00:12:15) (Duración: 00:39:15)					
Ep16.1 IP EV20	IP	Marisa	14:50	20:30	05:40
Ep17 IP EV20	IP	Marisa	32:40	39:15	06:35
Tercera fase de consenso (Duración episodios: 00:06:00) (Duración: 00:06:00)					
Ep18 PC EV20	PC	Marisa	51:30	00:57:30	06:00

4.3.4. Transcripciones de los episodios seleccionados.

Luego de la selección de los episodios, se llevó a cabo la transcripción de todos los diálogos contenidos en estos episodios. Inicialmente, esta transcripción se hizo con el software de

procesador de textos Word (versión 16). Posteriormente, estos textos fueron copiados a otros programas que nos permitieron analizar cualitativamente y cuantitativamente su contenido, tal como les presentaremos en los capítulos 5 y 7, para los estudios 1 y 2, respectivamente..

Dado que los episodios son conformados por turnos de la docente durante las interacciones con el alumnado, es necesario mencionar que hay veces que dichos turnos son conformados por sólo un enunciado, y hay otros momentos en los que el turno puede ser dividido en dos o más enunciados según criterios que dependen del análisis que pretendemos realizar (Hennessy et al., 2016). A continuación podemos ver un ejemplo de turno de la profesora D2, durante el Ep14 PC SP20 desde la línea 10 hasta la línea 12, que es dividido en tres enunciados.

D2: A ver. Hemos visto que las velocidad es cero, ¿esto lo comprenden? ¿sí o no? Pero aquí la aceleración es cero , no es 9,8.

D2: A ver, veamos esto antes de continuar. Hay cosas que distorsionan nuestra gráfica. Una es el rozamiento, que si lo hubiéramos considerado sería mucho más complicado, y la otra que distorsiona la gráfica es que este sensor no mide velocidad ni aceleración. Sólo mide posición y tiempo, y desde estos datos genera la gráfica velocidad-tiempo y aceleración-tiempo. ¿Sí?

D2: ¿Qué es lo que ha pasado? ¿nuestra aceleración disminuye progresivamente en la realidad?

Teniendo en consideración los episodios de cada uno de los talleres detallados en el sub apartado 4.3.3, y las transcripciones de cada uno de estos episodios considerando el criterio de división de turnos previamente mencionado, las transcripciones de Word las hemos trasladado a Excel, donde cada enunciado de alumnado y docente se correspondía con una fila. Dicho documento Excel lo hemos configurado de tal manera que facilitara la posterior categorización de los enunciados de las docentes, las prácticas de modelización en las que participa alumnado y docente, y las ideas del modelo de fuerzas que se abordaban en las respectivas secuencias discursivas. En la figura 4.3.c, podemos ver el Ep7 IP SP20 transcrito en Excel, y a partir de éste, reconocemos los turnos de las docentes y sus respectivos

enunciados en color gris, y los enunciados del alumnado en color blanco. De esta forma, siguiendo lo mencionado en el sub apartado 4.1.2, estos son los datos que posteriormente serán analizados.

D2: ¿Qué es la gravedad?	} Turno de un enunciado.
E: 9,8.	
D2: Ese es el valor de la gravedad.	
E: Una aceleración.	
D2: Una aceleración.	} Turno de dos enunciados.
D2: Es decir, ¿la gravedad es una fuerza?	
E: Sí.	
D2: No. La gravedad es una aceleración.	
D2: ¿Qué es una fuerza?	
E: Masa por aceleración.	
D2: Sí. La masa por su aceleración.	
D2: Pero, ¿cuál es la fuerza que nosotros asociamos a la gravedad?	
E: El peso.	
D2: ¿Y por qué pesa este pote?	
E: Porque tiene masa.	} Episodio.
D2: Porque tiene masa.	
E: Porque La Tierra nos atrae.	
E: Porque tenemos masa.	
D2: ¿Cuál de las dos?	
E: Porque La Tierra nos atrae.	
D2: Vale. Es decir, es una combinación de las dos cosas. No es sólo porque tengamos masa.	
D2: Si estuviéramos en el espacio, el pote tiene masa, y no pesa, porque no hay nada que nos atraiga, ¿sí o no?	
D2: Entonces, el pote pesa porque La Tierra lo atrae.	
D2: ¿Qué es la normal?	
E: La fuerza contraria que ejerce la tierra sobre un cuerpo.	
D2: Cuando nuestro pote está así colgando, ¿tiene normal?	
E:...	
D2: Es decir, si yo lanzo un objeto hacia arriba, mientras está en el aire, ¿hay fuerza normal?	
E: Sí.	
E: No.	
D2: Entonces, ahora mismo con el pote colgando, ¿hay fuerza normal?	
E:...	
D2: ¿Le decimos normal a la fuerza que ejerce la cuerda?	
E: No, hay tensión.	
D2: Vale.	
D2: Cuando yo tomo este boli. Si yo lanzara el boli, y cuando el boli está arriba del todo, ¿el boli pesa?	
E: Sí.	
D2: Vale.	
D2: ¿Y hay fuerza normal?	
E: No [y la mayoría del taller también lo menciona].	
D2: Entonces, ¿cuándo hay fuerza normal? Cuando dejo un objeto, ¿dónde?	
E: En una superficie.	
D2: En una superficie.	
D2: ¿Y quién hace la fuerza normal?	
E: La superficie.	
D2: La superficie, ¿sí o no?	
D2: Es decir, es la fuerza que hace, en este caso, la mesa sobre el lápiz, ¿sí o no? Esto está clarísimo.	
D2: Entonces, cuando nuestro saltador salta, ¿tiene fuerza normal?	
E: No.	
D2: No.	
D2: ¿Cómo se llama la fuerza de la goma?	
E: Tensión.	
D2: ¿Sí o no? Vale, con esto, pueden continuar.	

Fig. 4.3.c. Ejemplo de un episodio conformado por los turnos de las docentes y sus enunciados (en gris), y los enunciados del alumnado (en blanco).

Estudio 1: Prácticas de modelización
en las que participa el alumnado y el
progreso de sus ideas en el contexto
de actividades orientadas por una
instrucción centrada en la
modelización.



Capítulo 5: Metodología para el
análisis de la modelización y de los
modelos del alumnado.



En este capítulo presentamos la metodología del Estudio 1, orientada a analizar los progresos de ideas del alumnado y su participación en las prácticas de modelización durante los talleres REVIR. De esta forma, los apartados 5.1, 5.2, y 5.3 se centran en cómo se ha procedido en la categorización y caracterización de los progresos de ideas del alumnado, y su participación en prácticas de modelización. En el apartado 5.1 mostramos cómo hemos categorizado trozos de diálogo entre alumnado y docente a través de los progresos de ideas del alumnado relacionadas al modelo de fuerzas. En el apartado 5.2 mostramos cómo hemos categorizado trozos de diálogo entre alumnado y docente a través de su participación en prácticas de modelización. Mientras que en el apartado 5.3, mostramos cómo hemos utilizado la categorización de los trozos de diálogo entre alumnado y docente para representar los progresos de ideas del alumnado y su participación en las prácticas de modelización durante el desarrollo de los talleres REVIR.

5.1. Definición de las secuencias discursivas como unidad de análisis.

Una vez los diferentes episodios de los cuatro talleres fueron transcritos tal como se detalla en el capítulo 4, el primer paso para proceder al análisis de los modelos y las prácticas de modelización que se desarrollaban consistió en la definición de una unidad de análisis de granularidad media: las secuencias discursivas (Hennessy et al., 2016). A largo de los siguientes sub apartados, explicamos cómo ha sido el proceso de definición de estas secuencias discursivas, que nos permitirá posteriormente caracterizar tanto las prácticas de modelización como los progresos en las ideas del alumnado.

5.1.1. Análisis del contenido científico del diálogo entre alumnado y docente.

En un principio, para el análisis del contenido científico en el diálogo entre alumnado y docente, nos hemos centrado en la identificación de las ideas del modelo de fuerzas sobre las que habla el alumnado y docente según las ideas enunciadas en las tablas 4.2.b y 4.2.c. Así, hemos realizado una doble codificación de los enunciados más relevantes que conforman el diálogo de alumnado y docente, y que se presentan en el documento de texto de las transcripciones de cada episodio. A continuación, presentamos las dimensiones que nos permitieron realizar la doble codificación:

1. Según la idea del modelo de fuerzas a la que hace referencia el enunciado del alumnado o docente. Dichas ideas son las siguientes:

Idea 0: En las interacciones físicas intervienen fuerzas. Estas fuerzas, según las interacciones, aumentan, disminuyen, se suman, o se restan. Según cómo cambian estas fuerzas durante una interacción, y a lo largo de cierto trayecto, podemos identificar momentos y tramos clave para el estudio del movimiento de un objeto sobre el que actúan estas fuerzas.

Idea 1 (Primera Ley de Newton): Los cuerpos tienden a mantener su estado de movimiento.

Idea 2 (Segunda Ley de Newton): La suma vectorial de fuerzas ejercida sobre un cuerpo (fuerza resultante) provoca cambios en su movimiento.

Idea 2A: Los cambios en la suma vectorial de fuerzas que actúan ejercida sobre un cuerpo (fuerza resultante) provocan cambios en su aceleración.

Idea 2B: Los cambios en la suma vectorial de fuerzas que actúan ejercida sobre un cuerpo (fuerza resultante) provocan cambios en su velocidad.

Idea 3 (Tercera Ley de Newton): Si un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este último ejerce una fuerza de igual magnitud, igual dirección y en sentido opuesto sobre el primero.

2. Según el instante o intervalo del fenómeno cinemático al que hace referencia el enunciado del alumnado o docente. Dichos instantes e intervalos han sido presentados en la tabla 4.2.b para el taller EV y en tabla 4.2.c para el taller SP.

En la 5.1.a mostramos parte de la transcripción del diálogo entre alumnado y docente, en la que hemos aplicado dichos códigos de la siguiente manera; Idea n : instante o intervalo, donde n es un número entero entre 0 y 3, y hace referencia a la respectiva idea del modelo de interacciones newtonianas.

Diálogo entre alumnado y profesorado	Ideas
D1: ¿Qué le pasa a la cuerda y al saltador a medida que va avanzando la caída? ¿qué va pasando? ¿o por qué el saltador no para de golpe?	
D1: ¿Pongamos un ejemplo con este pote? <i>[Enseñando al alumnado el pote y la canica que representan al saltador] [Tomando la cuerda por un extremo, dejando colgar el pote y la canica que representan al saltador, por el otro]</i> Esto representa que es nuestro saltador, ¿sí?	
E: ...	
D1: Veamos, ¿qué etapa han identificado muchos de ustedes?	
E: Cuando está aquí y comienza a avanzar <i>[Subiendo el pote y la canica a la altura de la posición del extremo superior de la cuerda]</i> .	
D1: Vale, y mientras tanto, ¿qué está pasando? <i>[Mientras va estirando la cuerda con el pote y la canica hacia abajo]</i> .	
E: Va aumentando la velocidad.	Idea 2B: tramo 0 = $ T < P $
D1: Vale, esto, sí, ya lo veremos después. Algunos de ustedes me han dicho otra cosa, ¿no? Le han puesto a otro nombre a esto... <i>[Estirando la cuerda hacia abajo reiteradas veces]</i> .	
E: Caída libre...	Idea 0: tramo 0 = $ T < P $
D1: Caída libre, ¿sí? Vale.	
E: Este tramo <i>[Refiriéndose a una etapa posterior de la trayectoria de descenso del saltador]</i> .	
D1: Claro, pero de tramo a tramo, o sea, encontrarán un punto, ¿no?	
E: Bueno.	
D1: ¿Cuál es este punto de aquí? <i>[Refiriéndose al momento en que el peso del saltador se iguala con la fuerza elástica de la cuerda]</i> .	
E: El de aceleración máxima.	Idea 2A: instante $ T < P $

Fig. 5.1.a. Diálogo entre alumnado y docente durante el taller SP19 en el que identificamos las ideas de las que habla el alumnado y la docente relacionadas a las ideas del modelo de interacción (destacadas en verde cuando son científicamente aceptadas, y en rojo cuando son lejanas a aquellas científicamente aceptadas).

En la columna ubicada a la derecha en la 5.1.a, que recibe el nombre de “ideas”, hemos destacado en verde las ideas científicamente más aceptadas del modelo de fuerzas aplicadas a cierto instante o intervalo del fenómeno estudiado con las que se encuentran relacionados

los enunciados de la columna izquierda, que recibe el nombre de diálogo entre alumnado y profesorado. Mientras que en rojo hemos destacado las ideas del alumnado cuando son confusas, erróneas o alternativas respecto a las del modelo de fuerzas. Es decir, durante estas secuencias discursivas del taller el alumnado ha aludido a la idea de velocidad del saltador durante el intervalo en el que el módulo de la fuerza elástica es cero (Idea 2B: tramo $0 = |T| < |P|$), a la idea de fenómeno discreto de caída libre (Idea 0: tramo $0 = |T| < |P|$), y a la idea de aceleración del saltador durante el intervalo en el que el que el módulo de la fuerza elástica de la cuerda es menor que el módulo del peso del saltador (Idea 2A: tramo $|T| < |P|$). Esta manera de identificar las ideas del alumnado con respecto al modelo de fuerzas nos ha permitido orientar la manera de identificar el progreso de las ideas del alumnado, debido a que hemos podido identificar en el diálogo del alumnado y docente la idea científicamente menos aceptada y su respectiva versión más sofisticada. Por ejemplo, en la figura 5.1.b podemos ver cómo utilizamos los códigos y sus respectivos colores para identificar cómo una idea científicamente menos aceptada del alumnado progresa hacia una científicamente más aceptada.

D1: Pero, ¿qué está haciendo la aceleración? ¿Está aumentando? ¿Está disminuyendo?	
E: Está... disminuyendo.	Idea 2A: tramo $ T > P $
E: En un principio aumenta...	Idea 2A: tramo $ T > P $
D1: ¿En un principio aumenta? [Refiriéndose a la aceleración del saltador].	
E: Porque de cero debe pasar a algún valor.	Idea 2A: tramo $ T > P $

Fig. 5.1.b. Diálogo entre alumnado y docente durante el taller SP19 en el que identificamos el progreso de una idea del alumnado con respecto a la aceleración del saltador durante el intervalo cuando el módulo de la fuerza elástica de cuerda es mayor que el módulo del peso del saltador.

5.1.2. Criterios para la definición de las secuencias discursivas.

A través de la identificación de las ideas del alumnado tal como en el sub apartado 5.1.1 hemos logrado identificar la idea del modelo de fuerzas que predomina durante diálogo entre alumnado y docente, tanto cuando es científicamente menos aceptada, como también científicamente aceptada. De esta forma, hemos logrado identificar conjuntos de enunciados que conforman el diálogo entre alumnado y docente que se desarrollan en torno a cierta idea del modelo de fuerzas. Cada uno de estos conjuntos de enunciados lo hemos denominado secuencia discursiva. Esta perspectiva es concordante con lo que hemos mencionado en el capítulo 4. Es decir, para analizar los progresos de las ideas del alumnado y las prácticas de modelización en las que participan, nos hemos basado en la unidad de análisis que se desarrolla en el nivel meso de granularidad de acuerdo con el marco para el análisis del discurso de aula destacado por Hennessy et al. (2020). Los límites de cada una de estas secuencias discursivas son definidos en base a los siguientes criterios:

- Durante un episodio, desde que la docente inicia una interacción con el alumnado en torno a una idea particular del modelo de fuerzas aplicada a cierto instante o intervalo del movimiento del fenómeno cinemático estudiado, hasta que el alumnado alcanza una versión científicamente más aceptada de ésta, y que a la docente le parece adecuada. De esta forma, acaba una secuencia discursiva para dar paso a otra, o para terminar un episodio. Esto lo podemos apreciar en el ejemplo de la figura 5.1.c, que es parte del Ep14 IP SP19.

Secuencia discursiva 2	D1: Entonces, el siguiente punto es cuando aparece la fuerza elástica de la cuerda.	Idea 0: instante $ T < P $	Momento en que se realiza el cambio de secuencia discursiva, debido a que el alumnado ya ha expresado la idea que la docente espera que se alcance, dando paso a otra secuencia discursiva relacionada con otro instante, intervalo, o idea del modelo.
	E: En la longitud máxima.		
	D1: No, en la longitud natural.	Idea 0: instante $ T < P $	
	E: Porque aquí es el punto cuando ya comienza a variar, aquí es cuando la aceleración comienza a ser menor.	Idea 2A: instante $ T < P $	
	D1: Vale, exacto, sí.		
Secuencia discursiva 3	D1: Y después, el siguiente punto es el del equilibrio, ¿en el equilibrio qué pasa?	Idea 0: instante $ T = P $	
	E: En el equilibrio la aceleración es cero.	Idea 2A: instante $ T = P $	
	D1: La aceleración es cero.	Idea 2A: instante $ T = P $	
	D1: Por tanto, ¿cuál punto será? Exacto [Señala en la curva de las gráficas].		
	E: Y ya está, ya nos queda el final.		

Fig. 5.1.c. Diálogo entre alumnado y docente en el que se produce un cambio de secuencia discursiva debido a que el alumnado enuncia una idea científicamente aceptada.

- Durante un episodio, desde que la docente inicia una interacción con el alumnado en torno a una idea particular del modelo de fuerzas aplicada a cierto instante o intervalo del movimiento del cuerpo que se esté estudiando, extendiéndose mientras la interacción se desarrolle sin que el alumnado use y/o exprese una idea científicamente menos aceptada, pero siempre dentro de la misma idea del modelo de fuerzas aplicada a cierto instante o

intervalo del movimiento del cuerpo estudiado. Cuando el alumnado enuncia una idea científicamente menos aceptada, se inicia otra secuencia discursiva cuyo límite es definido por el criterio anteriormente mencionado. Esto lo podemos apreciar en el ejemplo de la figura 5.1.d, que es parte del Ep6 IP SP19.

Secuencia discursiva 2	D1: Entonces, ¿qué pasa aquí? [Refiriéndose al punto en que la cuerda alcanza su longitud normal].	
	E: Entonces en el tramo antes de la posición de equilibrio de fuerzas, la fuerza elástica va aumentando, pero es más pequeña que la del peso, aún...	Idea 0: tramo 0 = $ T < P $
	E: Aún el sentido es hacia abajo [Refiriéndose al sentido que posee la fuerza resultante entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda].	Idea 0: tramo $ T < P $
	D1: Vale.	
	E: Luego llega al punto de equilibrio.	Idea 0: tramo $ T < P $
	D1: Y la aceleración, ¿cómo es en ese tramo? [Refiriéndose al tramo entre que la cuerda alcanza su longitud normal y aquella en la que hay equilibrio de fuerzas entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda].	
Secuencia discursiva 3	E: Constante, ¿no?	
	E: Uy, no lo sé.	
	D1: ¿Constante? ¿Es la gravedad? ¿sí?	
	E: Yo apostaría que sí, ¿no?	Idea 2A: tramo $ T < P $
	D1: ¿Qué piensan los otros?	
	E: En el momento en que empieza a actuar una fuerza hacia arriba, la velocidad comienza a disminuir.	Idea 2B: tramo $ T < P $
	E: No, pero la fuerza resultante es hacia abajo aún, pero es que...	Idea 0 : tramo $ T < P $
D1: A ver, claro, ¿qué está pasando aquí? Es decir, aquí tenemos ya dos fuerzas, ¿no? [Refiriéndose a la etapa comprendida entre que la cuerda alcanza su longitud normal y aquella en la que hay equilibrio de fuerzas entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda]. Hasta ahora sólo teníamos el peso.	Idea 0: tramo 0 = $ T < P $, tramo $ T < P $	

Momento en que se realiza el cambio de secuencia discursiva, debido a que el alumnado ha expresado una confusión respecto a la idea que había estado desarrollando, dando paso a una secuencia discursiva en la que la docente cuestiona las ideas del alumnado.

Fig. 5.1.d. Diálogo entre alumnado y docente en el que se produce un cambio de secuencia discursiva debido a que el alumnado enuncia una idea confusa.

- Hay que considerar que la secuencia discursiva puede terminar antes de llegar a los límites definidos por alguno de los criterios anteriores, ya que la docente puede dejar una interrogante luego de una IP, para luego ir a otro pequeño grupo de estudiantes, o para iniciar la PC. Esto lo podemos apreciar en el ejemplo de la figura 5.1.e que es parte del Ep1 IP SP19.

Secuencia discursiva 2	D1: Piensen por cuáles longitudes pasa la cuerda, ¿vale? Es decir, cuando el saltador está aquí, está en caída libre, ¿vale?, hay diferentes momentos en que la cuerda tiene diferentes longitudes, ¿vale?	
	D1: Hay dos o tres longitudes diferenciadas y claves, vean si las logran identificar, ¿vale? Relacionándola con la fuerza elástica de la cuerda, ¿vale?	
	E: Vale, una sería la longitud normal de la cuerda.	Idea 0: instante $ T < P $
	D1: La longitud, sí, exacto, ¿sí? ¿no?	
	D1: Claro, es decir, aquí está cayendo, ¿no?	
	E: La cuerda aquí no está haciendo fuerza.	Idea 0: tramo $0 = T < P $
	D1: Ahora aquí está comenzando a hacer la fuerza elástica,	
	D1: ¿esto qué longitud es?	
	E: La normal.	Idea 0: instante $ T < P $
	D1: La normal de la cuerda, ¿no?	
	E: Sí.	
	D1: Vale, y después...	
	E: Va aumentando.	Idea 0: tramo $ T < P $
	D1: Va aumentando la longitud, ¿no?	
	E: Sí.	
	D1: ¿Hasta qué?	
	E: Creo que es máxima la longitud	Idea 0: instante $ P $
D1: Vale, llega a un punto máximo.		
D1: Entre ese de la longitud natural, de la longitud normal de la cuerda que han dicho, y el máximo, que ya no puede estirarse más, ¿hay algún otro punto? ¿alguna otra longitud? Piensen, si hay algún otro momento.		

Momento en que acaba una secuencia discursiva, debido a que la docente deja una interrogante al grupo de estudiantes.

Fig. 5.1.e. Diálogo entre alumnado y docente en el que acaba una secuencia discursiva debido a que la docente deja una interrogante en el grupo de estudiantes.

De esta forma, los límites de cada secuencia discursiva dependen, principalmente, de cierta idea del modelo y del instante o intervalo del fenómeno cinemático estudiado, y de si el alumnado enuncia una idea científicamente menos aceptada para describir el movimiento del cuerpo que se esté estudiando.

5.2. Estrategias para el análisis de las prácticas de modelización.

El objetivo principal del Estudio 1 ha sido categorizar y caracterizar el diálogo que surge entre alumnado y docente según los progresos de ideas del alumnado y la participación del alumnado en prácticas de modelización. Por esto, a lo largo de los siguientes sub apartados, explicamos cómo ha sido el proceso de categorización del diálogo de alumnado y docente a través de dichas prácticas. Apoyándonos en la metodología del apartado 5.1, hemos categorizado las secuencias discursivas que conforman el discurso docente a través de las prácticas de modelización en la que participa el alumnado. Posteriormente, hemos evidenciado cómo hemos desarrollado las pruebas de fiabilidad respecto a las prácticas de modelización en las que participa el alumnado.

5.2.1. Sistemas de categorías para el análisis de las secuencias discursivas según las prácticas de modelización.

A través de la definición de las secuencias discursivas (sub apartado 5.1.2), hemos podido identificar las prácticas de modelización en las que participa el alumnado. Para la identificación de cada de una de estas prácticas, nos hemos fijado en cómo se relaciona el alumnado con sus propias ideas durante el desarrollo de los talleres REVIR. Ya sea para describir, explicar y /o predecir el fenómeno estudiado; para cuestionarlas y poner a prueba la capacidad de dichas ideas para describir, explicar y /o predecir el fenómeno estudiado; o ya sea para confirmar o reafirmar el progreso de una de sus ideas hacia una versión

científicamente aceptada. A continuación, describimos cómo son las secuencias discursivas para ser categorizadas con las respectivas prácticas de modelización en las que participa el alumnado.

Usar y/o expresar ideas del modelo: Durante esta práctica de modelización, luego de que se presenta un fenómeno ante el alumnado, o algún nuevo aspecto de éste, el alumnado utiliza sus ideas para realizar sus primeras versiones de descripción, explicación y/o predicción del fenómeno estudiado (Bielik, Opitz, & Novak, 2018; Couso & Garrido-Espeja, 2017; Gilbert & Justi, 2016). Así también, el alumnado puede expresar sus ideas relacionadas al modelo, ya sea oralmente, de manera escrita, o a través de dibujos, por medio de las que pretenden describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado (Gilbert & Justi, 2016). A continuación, en la figura 5.2.a exponemos un ejemplo de secuencia discursiva categorizada con la práctica de modelización usar/expresar ideas del modelo.

D1: Entonces, ¿qué pasa aquí? [<i>Refiriéndose al punto en que la cuerda alcanza su longitud natural</i>].	Práctica de modelización usar/expresar ideas del modelo.
E: Entonces en el tramo antes de la posición de equilibrio de fuerzas, la fuerza elástica va aumentando, pero es más pequeña que la del peso, aún...	
E: Aún el sentido es hacia abajo [<i>Refiriéndose al sentido que posee la fuerza resultante entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda</i>].	
D1: Vale.	
E: Luego llega al punto de equilibrio.	
D1: Y la aceleración, ¿cómo es en ese tramo? [<i>Refiriéndose al tramo entre que la cuerda alcanza su longitud normal y aquella en la que hay equilibrio de fuerzas entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda</i>].	
E: Constante, ¿no?	
E: Uy, no lo sé.	

Fig. 5.2.a. Ejemplo de secuencia discursiva categorizada por la práctica de modelización usar/expresar ideas.

Evaluar ideas del modelo: Durante esta práctica de modelización, que usualmente es inmediatamente posterior a la práctica de usar y/o expresar modelos, el alumnado cuestiona

sus propias ideas previamente usadas/expresadas para describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado. En particular, el alumnado pone a prueba cuán bien sus propias ideas son capaces de describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado, o algún aspecto de éste (Bielik et al., 2018; Couso & Garrido-Espeja, 2017). Esto es realizado, sobre todo, a través de razonamientos lógicos y a través de evidencia empírica otorgada por el fenómeno estudiado y/o el montaje experimental que permite simularlo. A continuación, en la figura 5.2.b exponemos un ejemplo de secuencia discursiva categorizada con la práctica de modelización evaluar ideas del modelo.

D2: La velocidad, ¿disminuye?	Práctica de modelización evaluar ideas del modelo.
E: Disminuye, porque el saltador va rápido y cuando aparece la tensión disminuye su velocidad hasta que lo frena.	
D2: Pero me han dicho que la aceleración es en el sentido de descenso del saltador	
E: Es menor.	
D2: ¿Qué es menor?	
E: La aceleración.	
D2: Dijimos que el saltador, en el primer tramo, venía con una aceleración de $9,8 \frac{m}{s^2}$. Dejémoslo en $10 \frac{m}{s^2}$.	
D2: Entonces por cada segundo que pasa, el saltador aumenta su velocidad $10 \frac{m}{s}$, ¿sí?	
E: Sí.	
D2: Entonces, como dijimos anteriormente, cuando aparece la tensión, la aceleración del saltador disminuye, por lo que cambia la razón con la que cambia la velocidad.	
E: Porque aparece la tensión.	
D2: Claro.	
D2: Entonces, si la aceleración disminuye, ¿la velocidad también lo hará?	

Fig. 5.2.b. Ejemplo de secuencia discursiva categorizada por la práctica de modelización evaluar ideas.

Revisar ideas del modelo: Durante esta práctica de modelización, que usualmente ocurre cuando el alumnado, desde un principio, usa y/o expresa ideas científicamente aceptadas para describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado; o así también, suele ocurrir de manera inmediatamente posterior a la práctica de evaluar modelos. Es decir, esta práctica de modelización ocurre cuando las ideas científicamente menos aceptadas del alumnado logran

progresar hacia versiones más sofisticadas (Bielik et al., 2018). Así, durante esta práctica de modelización, el alumnado acepta, confirma, la aproximación de sus ideas a aquellas científicamente más aceptadas para describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado (Couso & Garrido-Espeja, 2017). A continuación, en la figura 5.2.c exponemos dos ejemplos de secuencias discursivas categorizadas con la práctica de modelización revisar ideas del modelo. El primero de estos ejemplos corresponde a una secuencia discursiva cuando el alumnado, desde un principio, usa y/o expresa ideas científicamente aceptadas para describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado; mientras que el segundo corresponde a una secuencia discursiva que ocurre luego de que han surgido nuevas ideas científicamente aceptadas y no consideradas en un principio por el alumnado.

D2: ¿Cómo explicarían el movimiento del saltador? ¿Cuáles son las etapas y tramos que han caracterizado?	Práctica de modelización revisar ideas del modelo.
E: Cuando salta, en el primer momento, la velocidad del saltador es cero, y durante el primer tramo, su aceleración es $9,8 \frac{m}{s^2}$	
D2: Vale.	
D2: Algún grupo puso que en el primer momento la velocidad es cero y la aceleración es cero. Si pasara esto, ¿qué pasaría con el saltador?	
E: Se quedaría quieto.	
D2: Vale. El saltador se quedaría flotando.	
D2: Si tuviera aceleración cero y velocidad cero, se quedaría quieto sin hacer el movimiento de caída.	
E: La velocidad aumentará, pero más lento.	Práctica de modelización revisar ideas del modelo.
D2: Vale.	
E: Sigue aumentando, pero no de la misma forma.	
D2: No en la misma razón con la que lo hacía en el primer tramo.	
D2: Entonces la aceleración que venía siendo $10 \frac{m}{s^2}$ en el primer tramo, luego de pasarla longitud natural es 9, luego 8, 7, $6 \frac{m}{s^2}$... hasta que es cero en el momento en que se equilibran las fuerzas, pero durante todo ese tramo la aceleración del saltador continúa siendo hacia abajo, sólo que ya no es la de la gravedad, sino que es menor. Esto hace que la velocidad, tal como dijo E, no aumente tan rápido.	

Fig. 5.2.c. Dos ejemplos de secuencia discursiva categorizada por la práctica de modelización evaluar ideas.

Cabe mencionar que aquellos episodios, y en particular, aquellas secuencias discursivas, en las que se han desarrollado diálogos que no han tenido relación con las ideas del modelo de interacciones newtonianas, o que no se han relacionado con alguna práctica de modelización, no han sido consideradas para la categorización de los progresos de ideas del alumnado, ni para la categorización de las prácticas de modelización en las que participa el alumnado. A continuación, en la 5.2.d exponemos un diálogo del taller EV19 que ejemplifica estos episodios.

<i>[Durante este diálogo, la docente otorga instrucciones al alumnado sobre cómo utilizar el software de recolección y análisis de datos logger pro. Además, la docente les ayuda a reconocer aquellos datos obtenidos a través del sensor que responde a las preguntas del dossier].</i>
E: Hemos puesto que la distancia de frenada es esta.
D1: ¿Qué les pide la pregunta?
E: La distancia de frenada.
D1: Vale. Por tanto, será, ¿qué?
E: La distancia que recorre en la ida.
D1: Vale. Exacto. Desde que comienza hasta que frena.

Fig. 5.2.d. Ejemplo de secuencia discursiva categorizada por la práctica de modelización evaluar ideas.

5.2.2. Proceso de categorización de las secuencias discursivas según las prácticas de modelización en las que participa el alumnado.

Continuando con el proceso de análisis, luego de definir los criterios en base a los que categorizaremos las secuencias discursivas según las prácticas de modelización, hemos analizado los datos de los cuatro talleres REVIR. De esta manera, hemos puesto a prueba los criterios para categorizar las secuencias discursivas a través de las prácticas de modelización.

Este proceso de categorización se puede resumir en tres fases:

En un primer momento, categorizamos las secuencias discursivas del taller SP19 de manera simultánea entre el doctorando y los directores de tesis. De esta manera, hemos revisado y consensuado los criterios de categorización.

En un segundo momento, inspirándonos en los criterios de fiabilidad de Cohen et al. (2007) el doctorando, de manera independiente, categorizó las secuencias discursivas del taller EV19, y, posteriormente, los directores de tesis revisaron la categorización, obteniendo un grado muy alto de concordancia. De esta forma, discutimos las secuencias discursivas en las que no había acuerdo, lo que permitió refinar aún más los criterios de categorización de secuencias discursivas.

Finalmente, el doctorando categorizó las secuencias discursivas de los talleres REVIR SP20 y EV20. Además, aunque no se ha realizado una revisión sistemática, durante las discusiones de resultados, hemos compartido y discutido categorizaciones de secuencias discursivas.

Además, cabe mencionar que la validez (Cohen et al., 2007) de las categorías que categorizan la unidad de análisis del Estudio 1 (secuencias discursivas) ha sido respaldada por investigadores expertos, quienes poseen vasta experiencia y conocimiento de los talleres REVIR y de las prácticas de modelización que en estos talleres se desarrollan.

5.2.3. Representación de las prácticas de modelización a lo largo de las secuencias discursivas.

A continuación, explicamos cómo hemos utilizado el software de procesamiento de textos Microsoft Excel (versión 16) para representar la participación del alumnado en las prácticas de modelización.

Considerando la manera en que hemos categorizado las secuencias discursivas que conforman los episodios de los talleres REVIR según las prácticas de modelización en las que participa el alumnado, tal como hemos mostrado en el sub apartado 5.2.1, hemos propuesto la figura 5.2.e. A través de esta figura pretendemos mostrar la distribución cronológica de las prácticas de modelización en las que participa el alumnado durante los episodios que conforman cada taller REVIR estudiado. Esta tabla es conformada por cuatro filas, y debe ser leída de izquierda a derecha. A continuación, procedemos a explicar cada una de las filas desde la que se encuentra en el extremo superior.

- En la primera fila, además de poner el código del taller REVIR que es analizado, hemos puesto las fases de la instrucción de dicho taller REVIR. Cada cuadro se corresponde con una fase de la instrucción, donde, al igual que en el Estudio 1, la fase de familiarización se designa con la letra F, discusión con la letra D, y consenso con la letra C.
- En la segunda fila hemos puesto los episodios que conforman los talleres REVIR. Además, aquellos episodios PC han sido destacados en gris, tal como el episodio 2.
- En la tercera y cuarta fila hemos puesto los encadenamientos de secuencias discursivas, donde cada una de estas secuencias discursivas es categorizada con una práctica de modelización. Las secuencias discursivas categorizadas por la práctica de modelización usar/expresar ideas del modelo son amarillas. Las secuencias discursivas categorizadas por la práctica de modelización evaluar ideas del modelo son rojas. Las secuencias discursivas categorizadas por la práctica de modelización revisar ideas del modelo son verdes. Además, en la tercera fila hemos detallado la cantidad de enunciados del discurso docente que conforman las respectivas secuencias discursivas (doc_i). Mientras que, en la

cuarta fila, hemos detallado la cantidad de enunciados del alumnado durante las respectivas secuencias discursivas (al_i).

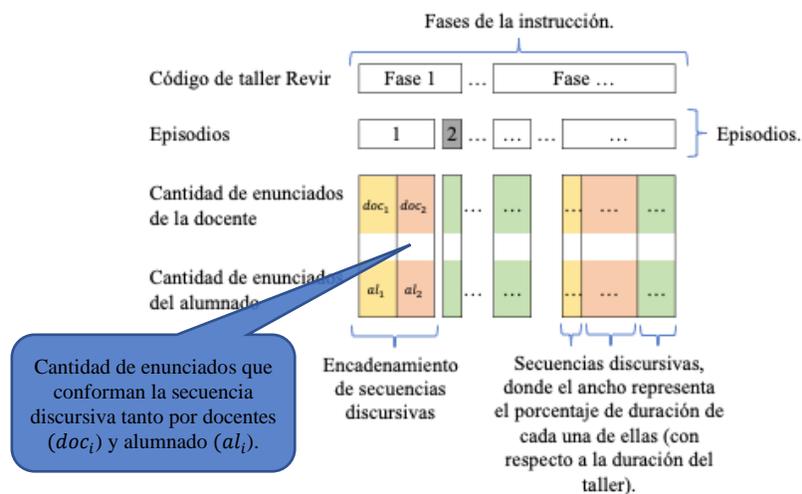


Fig. 5.2.e. Representación de las prácticas de modelización en las que participa el alumnado durante el desarrollo de los talleres REVir.

5.2.4. Definición de tipologías de encadenamientos de prácticas de modelización.

Tal como hemos visto en el capítulo 2, el progreso de las ideas del alumnado en un aula de modelización suele ocurrir cuando el alumnado participa en prácticas tales como las especificadas por los ciclos GEM (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2011; Garrido-Espeja, 2016; Hernández et al., 2015; Rea-Ramirez, Clement, & Núñez-Oviedo, 2008; Windschitl et al., 2008a). Esto no ha sido distintos en esta investigación, cuyos datos provienen de un aula experimental de ciencias centrada en la modelización. Es decir, dicho ciclo es aquel que principalmente media el progreso de las ideas del alumnado.

Sin embargo, luego de haber identificado estos ciclos GEM, hemos identificado otro tipo de “ciclos” incompletos. Dichos “ciclos” no contaban con alguna de las prácticas de usar/expresar ideas del modelo, evaluar ideas del modelo, o revisar ideas del modelo. Es decir, durante el desarrollo de los talleres REVIR se producían **encadenamientos** de prácticas de modelización, tales como: dos o más prácticas de usar/expresar ideas del modelo seguidas, diferenciadas según los criterios para la definición de las secuencias discursivas (sub apartado 5.1.2); una práctica de usar/expresar ideas del modelo seguida de una práctica de evaluar ideas del modelo; una práctica de usar/expresar ideas del modelo seguida de una práctica de revisar ideas del modelo; o dos o más prácticas de revisar ideas del modelo, diferenciadas según los criterios para la definición de las secuencias discursivas (sub apartado 5.1.2).

De esta forma, al igual que en un encadenamiento de prácticas de modelización análogo a un ciclo GEM es identificado a través secuencias discursivas que se desarrollan en torno a una idea particular del modelo que es usada y/o expresada por el alumnado, posteriormente es evaluada y revisada; la identificación de los “ciclos” incompletos, o encadenamientos de prácticas de modelización que sean distintos al ciclo GEM, depende, principalmente, de que éstos se desarrollen en torno a una idea o fenómeno particular.

5.3. Estrategias para el análisis de los progresos de las ideas del alumnado.

La estrategia de análisis del apartado 5.2 nos ha permitido categorizar las secuencias discursivas que conforman el diálogo de alumnado y docente en los talleres REVIR. No obstante, estas categorías sólo nos han permitido analizar las secuencias discursivas desde lo descriptivo, tal como si los progresos de ideas del alumnado y las prácticas de modelización en las que participa el alumnado fueran eventos aislados. Así, a lo largo de los siguientes subapartados hemos explicado cómo ha sido el proceso de caracterización del discurso docente; entendiendo caracterización como el uso de la categorización de las secuencias discursivas para la representación de su distribución y coocurrencia a lo largo de los talleres REVIR. En el subapartado 5.3.1 explicamos cómo hemos identificado los progresos de ideas del alumnado. En el subapartado 5.3.2 explicamos cómo hemos categorizado las secuencias discursivas según los progresos de ideas del alumnado. la participación del alumnado en las prácticas de modelización. Y, por último, en el subapartado 5.3.3 explicamos cómo hemos incorporado los progresos de ideas del alumnado en la representación de las prácticas de modelización a lo largo de las secuencias discursivas (subapartado 5.2.3).

5.3.1. Criterios para la identificación de los progresos de ideas.

Tal como hemos señalado en el sub apartado 5.1.2., el cambio entre las distintas versiones de una idea que pueda tener el alumnado define cambios de secuencias discursivas. Sin embargo, cabe mencionar que dicho cambio entre versiones de una idea no implica, necesariamente un progreso. Por el contrario, cuando el cambio implica que la idea del alumnado transite de una idea científicamente menos aceptada, a aquella idea que la docente pretende que el alumnado alcance, hablamos de un progreso de la idea del alumnado. Tal como hemos dicho previamente, esto es coherente con los criterios para la definición de secuencias discursivas (sub apartado 5.1.2). De esta forma, el cambio de secuencia discursiva es condición necesaria, pero no suficiente para el progreso de ideas del alumnado. Así, el **progreso de una idea** es identificado cuando un estudiante, o un grupo de estudiantes, enuncia dos versiones diferentes de una misma idea en dos momentos distintos de un taller REVIR.

Para identificar estos progresos de las ideas del alumnado, además de tener en cuenta los enunciados del alumnado, se han tenido en cuenta las producciones escritas del alumnado presentes en el dossier de alguno de los talleres REVIR SP o EV. Debido a que no contamos con las producciones escritas de cada uno de los talleres grabados, algunas de las producciones escritas por el alumnado no se corresponden con el grupo de estudiantes que está expresando una idea particular. Sin embargo, debido a que las ideas intuitivas del alumnado suelen ser similares entre taller y taller, esto no ha supuesto un problema para ejemplificar los progresos de ideas del alumnado.

5.3.2. Categorización de las secuencias discursivas según los progresos de ideas identificados en las respuestas del alumnado.

De esta forma, desde un enfoque inductivo, a través de la identificación de las ideas del modelo de fuerzas a las que alude el alumnado y docente durante sus diálogos (sub apartado 5.1.3), hemos identificado ciertas regularidades en los progresos de ideas del alumnado relacionadas al modelo de fuerzas aplicadas a los fenómenos discretos que son parte de los fenómenos de los talleres REVIR SP y EV. Dichas tipologías de progreso de ideas del alumnado, desde un enfoque deductivo, han sido coincidentes con aquellas ideas previas del alumnado en tornos a los contenidos de fuerza y movimiento (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Dimitriadi & Halkia, 2012; Driver, 1986; Eriksson et al., 2018; Eshach, 2014; Garcia-Lladó, 2019; Govender, 2007; Liu & Fang, 2016; Mongan et al., 2020; Tarábek, 2010; Trowbridge & McDermott, 1980; Viennot, 1978).

Esto ha permitido plantear el sistema de categorías de tipologías de progresos de ideas del alumnado relacionadas al modelo de fuerzas y al contexto de los talleres REVIR SP y EV. Además, de manera análoga al sistema de categorías familias de actos comunicativos, e inspirados en la revisión de literatura hecha por Liu y Fang (2016), cada una de estas tipología de progresos de ideas del alumnado han sido agrupadas en familias de tipologías, cuyo nombre alude a los conceptos involucrados en los contenidos de dinámica y cinemática. Estas familias son:

- Respecto a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento.
- Respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas (velocidad y aceleración).
- Respecto a la conceptualización de fuerza (Leyes de Newton).

Cabe mencionar que, en algunos casos, no hemos podido identificar el progreso de algunas ideas menos sofisticadas o alternativas hacia didácticamente más aceptadas. A continuación, ejemplificamos una idea del alumnado, en la que tienen dudas sobre cómo es la pendiente de la curva que describe la aceleración del saltador en una gráfica aceleración-tiempo.

		<i>[Previamente, las estudiantes expresan su inquietud respecto a cómo sería la curva que describe la aceleración del saltador en una gráfica aceleración-tiempo].</i>
	L29	D1: Claro. Entonces, ¿la aceleración va hacia arriba o hacia abajo?
	L30	E: Hacia arriba.
	L31	D1: Hacia arriba.
	L32	E: Pero en una gráfica aceleración vs. tiempo, ¿la aceleración describirá una curva como una línea recta?
Ep7	L33	D1: Bueno, esto...
IP	L34	E: ¿Qué aumenta constantemente?
SP19	L35	D1: Esto, luego ustedes lo harán con un sensor, recogerán ustedes los datos y verán si aumenta linealmente o no. Aquí dibujen ustedes lo que piensan, ¿vale?
	L36	E: Vale.
	L37	D1: Es una predicción que hacen lo que pasará. Las predicciones no están bien ni mal. Yo, para que no se pierdan en los gráficos, lo que les recomiendo, es que tomen los cuatro puntos que tienen...
	L38	E: Sí.
	L39	D1: Que son básicamente, el punto donde comienza justo a tirarse, el punto donde está la longitud natural de la cuerda, donde está el punto de equilibrio, y donde llega al punto de elongación máxima. Tomen estos cuatro puntos... y entonces hacen los gráficos. De esta manera podrán decir, ¡ah! En este punto pasa esto, en este..., ¿sí?
	L40	E: Sí, sí.
Ep18		
PC		Posteriormente, el alumnado visualiza a través de la toma de datos cómo son las curvas de las gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo, y aceleración-tiempo.
SP19		

Cabe mencionar que la aplicación de dichas categorías ha sido sometida a pruebas de fiabilidad intra e inter investigador. Es decir, el investigador principal ha identificado los progresos de ideas del alumnado a través de las categorías en distintos momentos del transcurso de su tesis. Y así también, las categorías han sido consensuadas y aplicadas en conjunto con la directora y director de tesis.

5.3.3. Representación de los progresos de las ideas del alumnado a lo largo de las secuencias discursivas.

Considerando la manera en que hemos categorizado las secuencias discursivas que conforman los episodios de los talleres REVIR, hemos propuesto un sistema de representación que mostramos en la figura 5.3.a. A través de esta figura pretendemos mostrar la distribución cronológica de los progresos de ideas del alumnado durante los episodios que conforman cada taller REVIR estudiado. Esta tabla es conformada por las cuatro filas de la figura 5.2.e, y un espacio bajo la última fila en la que ponemos los progresos de ideas del alumnado. Al igual que la figura 5.2.e, esta figura debe ser leída de izquierda a derecha . A continuación, procedemos a explicar esta fila.

- En el espacio bajo la cuarta fila hemos puesto flechas que representan el progreso de ideas del alumnado relacionado al modelo de interacciones newtonianas. Aquellas flechas que son de un solo color representan progresos de ideas del alumnado que ocurren durante un episodio particular. Es decir, que la idea científicamente menos aceptada y aquella científicamente más aceptada surgen durante el mismo episodio. Mientras que aquellas flechas que son de dos colores representan progresos de ideas del alumnado que ocurren durante dos episodios. Es decir, que la idea científicamente menos aceptada ocurre durante un episodio, y su progreso ocurre en algún episodio posterior. Además, junto a cada flecha ponemos el respectivo código del progreso de idea.

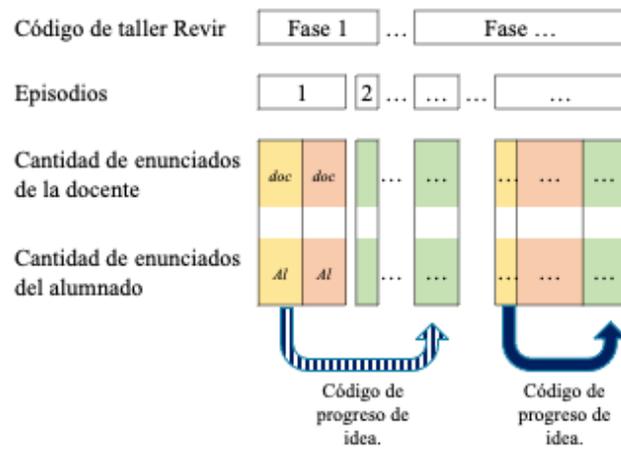


Fig. 5.3.a. Representación de los progresos de ideas del alumnado durante el desarrollo de los talleres REVIR.

Capítulo 6: Resultados del análisis de
la modelización y los modelos del
alumnado en talleres experimentales
de ciencia centrados en la
modelización.



En el capítulo 5 hemos presentado la metodología que nos permitirá abordar el primer estudio de esta investigación, el que se ha centrado en el análisis de las ideas del alumnado sobre el modelo de fuerzas, y las prácticas de modelización en las que participa el alumnado en el contexto de talleres REVIR. Teniendo en consideración los registros audiovisuales que hemos logrado obtener durante las grabaciones, en el apartado 6.1 presentamos los resultados del análisis de las prácticas de modelización en las que participa el alumnado durante los talleres REVIR y su distribución a lo largo de estos talleres. En el apartado 6.2 presentamos los resultados del análisis de los progresos de ideas del alumnado, y en el apartado 6.3 discutimos la relación entre la participación del alumnado en prácticas de modelización y el progreso de sus ideas a lo largo de los talleres REVIR.

6.1. ¿En qué prácticas de modelización participa el alumnado en el contexto de los talleres REVIR?

En el capítulo anterior hemos definido los criterios que permiten identificar las prácticas de modelización en las que participa el alumnado durante las secuencias discursivas que transcurren en los talleres REVIR. Así, en el sub apartado 6.1.1, exponemos el resultado de aplicar dichos criterios a la categorización de las secuencias discursivas que conforman los talleres REVIR, obteniendo una distribución temporal de prácticas de modelización. Posteriormente, en el sub apartado 6.1.2, presentamos los patrones de encadenamientos de prácticas de modelización que hemos identificado en las distribuciones de prácticas de modelización del sub apartado 6.1.1, y, además, mostramos cómo es la presencia de cada uno de estos encadenamientos en cada taller.

6.1.1. Distribución de prácticas de modelización durante los talleres REVIR.

Para responder a la pregunta de qué prácticas de modelización se dan y cómo se suceden a lo largo de talleres REVIR hemos recurrido a la figura 6.1.a. En esta figura se usa una distribución temporal de las prácticas de modelización de acuerdo con los códigos de colores (las prácticas de modelización usar/expresar ideas del modelo son amarillas, las prácticas de modelización evaluar ideas del modelo son rojas, y las prácticas de modelización revisar ideas del modelo son verdes) y tamaños descritos en la figura 5.2.e del sub apartado 5.2.3. A través de esta figura se puede ver la distribución de las prácticas de modelización para todas

las secuencias discursivas que se dan durante cada uno de los talleres REVIR, su tamaño expresado en número de enunciados tanto de docentes como de alumnado, y la fase de la instrucción en la que se desarrolla (familiarización, discusión y consenso).

SP19	F				D										C				D				C																													
Episodios	1	2	3	4	5					6					7	8				9				10	11	12	14	15		18																						
Cantidad de enunciados de la docente	10	12	10	6	4	3	2	9	8	11	5	10	17	16	9	3	14	5	19	16	9	20	27	18	9	8	6	4	29	12	10	14	8	7	2	4	3	3	2	1	6	3	3	3	29	1	1	9	13	6	4	7
Cantidad de enunciados del alumnado	8	7	9	4	3	3	1	8	5	17	7	16	21	14	11	5	3	5	19	11	9	20	19	18	10	5	4	2	14	5	6	8	4	4	1	3	2	3	1	1	5	2	2	2	24	1	0	8	7	3	3	5

EV19	F									D				C						D				C																																				
Episodios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						16				21.1																																			
Cantidad de enunciados de la docente	4	4	4	3	3	2	3	4	5	5	7	5	3	4	5	19	1	7	3	11	1	11	8	6	3	8	4	5	16	8	13	17	3	6	3	16	4	7	4	10	30	18	10	11	2	15	5	2	7	8	1	19	10	13	8	11	3	5	25	3
Cantidad de enunciados del alumnado	3	1	2	4	3	2	2	3	2	3	4	3	3	2	3	15	0	5	2	10	0	7	8	3	3	7	2	5	12	7	18	11	3	5	3	11	1	5	1	6	21	10	7	8	2	8	3	1	3	5	1	9	7	10	7	5	3	3	19	2

SP20	F			D										C				D		C																																									
Episodios	1	2	3	4				5						6		7				8		9	11	12	13																																				
Cantidad de enunciados de la docente	5	4	7	3	7	5	2	3	7	4	2	7	9	8	4	6	9	1	6	3	11	11	1	1	2	3	2	1	2	3	4	1	6	4	4	5	1	3	5	1	1	1	8	3	5	14	8	9	9	3	1	3	0	2	4	10	13	4	6	6	
Cantidad de enunciados del alumnado	5	5	7	2	4	1	1	2	6	1	2	5	5	7	8	5	5	2	6	3	7	10	1	0	2	2	2	1	3	2	4	3	4	5	4	1	3	2	2	3	3	2	1	5	2	2	6	5	6	1	6	3	3	1	2	1	5	6	1	4	5

EV20	F				D		C				D						C		D				C																																
Episodios	1	3	4	5	6	7	8.1				8.2		9	10	11	12				13	16.1				17		18																												
Cantidad de enunciados de la docente	13	4	0	4	2	7	9	5	4	20	16	7	1	3	2	1	7	6	17	9	24	1	2	3	14	12	5	7	2	3	9	4	53	9	2	4	8	6	12	4	21	2	4	2	8	10	5	14	2	3	19	7	10	3	7
Cantidad de enunciados del alumnado	10	5	1	3	0	4	4	5	3	17	9	3	1	0	0	2	3	8	3	18	0	2	2	11	10	5	3	1	2	4	1	40	8	1	2	4	4	11	9	16	2	2	2	9	7	5	7	2	1	7	4	3	2	4	

Fig. 6.1.a. Prácticas de modelización y cantidad de enunciados de alumnado, docente y total durante las secuencias discursivas de los talleres REVIR estudiados.

A través de la figura 6.1.a hemos podido identificar algunas regularidades en las prácticas de modelización en las que participa el alumnado a lo largo de los talleres REVIR, las cuales pasaremos a revisar a continuación.

6.1.1.1. Respecto la prevalencia de actos comunicativos dentro de cada secuencia discursiva.

Cada secuencia discursiva que es categorizada con una práctica de modelización posee una extensión temporal proporcional a la cantidad de enunciados de alumnado y docente que la conforman. Además, de acuerdo con el marco de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017), una presencia equilibrada de enunciados de alumnado y docente da indicios de ser

concordante con una enseñanza dialógica. En particular, destacamos el principio de reciprocidad, debido a que una cantidad similar de enunciados del discurso del alumnado y docente es necesario para que alumnado y docente se escuchen mutuamente, compartan sus ideas, y consideren los distintos puntos de vista que pueden surgir en el aula.

A pesar del equilibrio de enunciados del discurso del alumnado y del discurso docente previamente mencionado, el discurso docente predomina en la mayoría de las secuencias discursivas. Nuevamente, de acuerdo con el marco de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017), una presencia apenas mayor del discurso docente puede ser necesaria para orientar las ideas del alumnado hacia aquellas que pretenden ser desarrolladas durante los talleres REVIR. Además, de acuerdo con Scott et al. (2006), el progreso de las ideas del alumnado es mediado a través de su participación en interacciones orientadas por distintos enfoques comunicativos. De esta forma, los enfoques comunicativos interactivo/autoritativo y no interactivo/dialógico, en los que prevalece la voz del profesorado, parecen ser necesarios para orientar las ideas del alumnado hacia aquellas científicamente más aceptadas.

6.1.1.2. Respecto la distribución global de prácticas de modelización.

En segundo lugar, observamos que las prácticas de modelización en las que participa el alumnado son variadas en cada uno de los talleres REVIR. A pesar de que cada uno de los talleres SP y EV posee un diseño didáctico común que orienta su desarrollo, las prácticas de modelización que transcurren en los talleres REVIR son variadas y no poseen un orden claro. La investigación realizada por Garrido-Espeja (2016) evidencia cómo distintos grupos de estudiantes, durante una misma fase de la instrucción, pueden participar más en una práctica de modelización, que en otra. De esta manera, las distintas frecuencias de prácticas de

modelización en las que participa el alumnado en cada taller REVIR parece depender, principalmente, del alumnado que asiste al taller. Además, a pesar de que habíamos planteado encontrar una mayor cantidad de ciclos de modelización tal como el ciclo GEM (Rea-Ramirez et al., 2008), las prácticas de modelización no tienden a ser lineales ni ordenadas.

6.1.1.3. Respecto la relación entre prácticas de modelización y fases de instrucción

Junto con lo anteriormente expuesto, vemos que durante cada una de las fases de la instrucción se desarrollan todas las prácticas de modelización. Las prácticas de modelización no son idiosincráticas de una fase de la instrucción particular. Tal como mencionamos previamente, la investigación realizada por Garrido-Espeja (2016) evidencia cómo durante una misma fase de la instrucción se pueden desarrollar todas las prácticas de modelización. No obstante, también se puede apreciar que durante cada una de las fases de la instrucción hay prácticas de modelización que poseen mayor o menor presencia.

Durante la fase de familiarización prevalece la práctica de modelización usar/expresar ideas y evaluar ideas. Esto es concordante con la finalidad de esta fase de la instrucción, en la que el alumnado se enfrenta por primera vez (en el taller) al fenómeno que se estudiará. Así, el alumnado recurre a sus ideas para realizar las primeras descripciones, explicaciones y/o predicciones con respecto a algún aspecto del fenómeno estudiado, provocando momentos en los que el mismo alumnado, o el profesorado, cuestiona dichas ideas expresadas. La baja presencia de la práctica de modelización revisar ideas durante esta fase de la instrucción, se debe, principalmente, a que el alumnado sólo se está familiarizando con el fenómeno

estudiado, ya sea a través de vídeos, o a través de un montaje experimental que simula el fenómeno estudiado.

Las fases de discusión son las más variadas en cuanto a la presencia de prácticas de modelización. Durante estas fases de la instrucción suelen desarrollarse las prácticas de modelización de usar/expresar ideas, evaluar ideas, y revisar ideas suelen tener una presencia más equilibrada. Esto puede ser debido a que durante esta fase de la instrucción la docente principal interactúa personalmente con los pequeños grupos de estudiantes, promoviendo el uso, la expresión y el cuestionamiento de las ideas del alumnado. Cabe mencionar que, a pesar de que en el taller SP19 la fase de instrucción discusión tuvo una gran presencia de prácticas de modelización en las que el alumnado revisa, o ya ha revisado, sus ideas; no es la tendencia que siguen los otros tres talleres REVIR. Una posible razón de esto es que el alumnado que asistió al taller SP19 pudo haber tenido ideas científicamente aceptadas con respecto a los contenidos de dinámica y cinemática. De esta forma, cuando la docente interactuaba con las ideas del alumnado, no tenía necesidad de cuestionarlas constantemente para mediar su progreso, a diferencia de lo que ocurre en los otros tres talleres.

Las fases de instrucción consenso suelen ser conformados por prácticas de modelización revisar ideas. Esta fase de la instrucción suele acompañar aquellos momentos en los que el alumnado logra, o ya ha logrado, dar una respuesta científicamente aceptada a las preguntas que plantean los dosieres y el profesorado. De esta manera, la práctica de modelización que tiende a predominar durante esta fase de la instrucción es la de revisar ideas del modelo. Sin embargo, es necesario mencionar que también hay presencia de prácticas de modelización tales como usar/expresar ideas y evaluar ideas. Estas prácticas de modelización suelen ocurrir debido a que la docente media discusiones con el alumnado durante una PC, de manera

similar a las que pudieron haberse desarrollado las discusiones durante las previas IP durante la fase de instrucción discusión.

Otro aspecto relevante a destacar de la distribución de prácticas de modelización es que los inicios y finales de las fases de la instrucción se relacionan con fases de la instrucción particulares. Así, vemos que la práctica de modelización con la que inicia cada episodio tiende a ser la usar/expresar ideas. Esto resulta natural considerando que la docente, al interactuar con grupos pequeños, busca que el alumnado exprese sus ideas, para posteriormente generar instancias de cuestionamiento de las ideas del alumnado. Es decir, la mayoría de aquellas secuencias discursivas que son categorizadas por la práctica de revisar ideas del modelo, no ocurren debido a que la docente enuncie ante el alumnado las ideas del modelo, sino que es el alumnado quien responde desde estas ideas del modelo a los enunciados de la docente. Es por esto que las fases de instrucción de consenso, en las que el alumnado ya pudo haber revisado sus ideas (durante la fase de discusión), son conformadas, principalmente, por prácticas de revisar ideas del modelo.

Del mismo modo, vemos que la práctica de modelización con la que suelen acabar las fases de la instrucción es la de revisar ideas. Esto puede ser debido a que, al finalizar la fase de familiarización, el alumnado ya debe haber consensuado aquellos instantes e intervalos que permiten estudiar el fenómeno, y/o también tuvo que haber acordado las maneras de simularlo. Por otro lado, durante la fase de instrucción discusión suele ser común que el profesorado, al interactuar con los pequeños grupos de estudiantes, luego de cuestionar las ideas del alumnado, y luego de que éstas, inminentemente, progresan, el profesorado media la revisión de las ideas del alumnado. Por último, durante la fase de consenso, tal como ya hemos dicho anteriormente, el alumnado ya ha participado de discusiones en las que sus ideas

podieron haber progresado hacia aquellas científicamente más aceptadas. De esta manera, los finales de las fases de instrucción familiarización y consenso suelen ser una instancia de revisión de ideas del alumnado.

6.1.1.4. Respecto la relación entre prácticas de modelización y los talleres.

Otro aspecto que se puede destacar de la distribución de prácticas de modelización del figura 6.1.a es que estas prácticas de modelización transcurren de manera distinta en las mismas fases de la instrucción según la temática del taller REVIR. Durante el episodio de puesta en común en la fase de familiarización de los talleres EV y SP suelen haber distintas disposiciones de las prácticas de modelización. Por ejemplo, en la puesta en común de la fase de familiarización del taller SP19, el alumnado enuncia sus ideas desde aquellas que se pretende que hayan consensuado. Mientras que en el taller SP20, el episodio de puesta en común es conformado por las tres prácticas de modelización, debido a que el alumnado aún tiene dudas relacionadas al instante de posición de equilibrio de fuerzas.

De hecho, los talleres SP y EV tienen maneras distintas de concluir. Durante la última fase de consenso, en los talleres SP suele haber acuerdo entre alumnado y docente sobre los instantes e intervalos previamente identificados y reconocidos en las gráficas que han sido resultado de la toma de datos. Mientras que durante la última fase de consenso de los talleres EV se deben acordar ideas que involucran, las ideas de fuerza desarrolladas durante la primera fase de discusión y consenso, para el caso del taller EV19; o las ideas que explican por qué el signo algebraico de la velocidad del coche es negativo.

En los talleres REVIR del año 2020, suele ocurrir que luego de una revisión de ideas del alumnado, el diálogo entre alumnado y docente continúa, dando lugar a secuencias

discursivas en las que se evalúan y revisan nuevas ideas que surgen del alumnado. Mientras que en los talleres REVIR del año 2019, suele ocurrir que luego de una revisión de ideas del alumnado, acaba el diálogo entre un grupo de estudiantes y la docente.

Hay agrupaciones de prácticas de modelización distintas a aquellas sugeridas por el ciclo GEM (Rea-Ramírez et al., 2008). Tal como hemos dicho previamente, a pesar de que habíamos planteado encontrar una mayor cantidad de ciclos de modelización, tal como el ciclo GEM (Rea-Ramírez et al., 2008), las prácticas de modelización no tienden a ser lineales ni ordenadas. De esta manera, han surgido nuevas combinaciones de prácticas de modelización, o “encadenamientos”, que parecen tener un rol relevante en el progreso de las ideas del alumnado, o, a lo menos, durante el desarrollo de los talleres REVIR. De hecho, la fase de instrucción discusión es la más diversa y abundante en cuanto a prácticas de modelización, y, por lo tanto, es en la que se desarrolla una mayor variedad de encadenamientos distintos al GEM.

6.1.2. Encadenamientos de prácticas de modelización observados en los talleres REVIR.

Una vez analizada la figura 6.1.a, a continuación, nos centramos en analizar qué encadenamientos de prácticas de modelización se dan. Hemos definido un total de 4 tipos de encadenamientos, que se presentan en la tabla 6.1.a.

una de las prácticas de modelización. En las columnas restantes exponemos los episodios de los talleres REVIR, y las respectivas fases de la instrucción en los que transcurren, en los que hay presencia de encadenamientos de secuencias discursivas categorizadas con los encadenamientos de prácticas de modelización. Cabe mencionar que, al igual que en la figura 6.1.a, aquellos episodios que son PC han sido destacados en negrita. A continuación, procedemos a describir cada uno de estos encadenamientos de modelización.

6.1.2.1. Cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado Exprese sus ideas (Ex)

Esta cadena de secuencias discursivas es conformada sólo por prácticas de modelización de usar/expresar ideas. Es decir, esta cadena de prácticas de modelización tiende a promover que el alumnado use y/o exprese sus ideas relacionadas al modelo estudiado. Por lo tanto, durante este tipo de cadenas de secuencias discursivas, el profesorado promueve que el alumnado recurra a su experiencia cotidiana, o a sus propias ideas para describir, explicar, y/o predecir un fenómeno, o algún aspecto de éste.

Esta cadena de secuencias discursivas no se relaciona, inmediatamente, con las prácticas de modelización de evaluar y/o revisar ideas, ya que dichas instancias suelen relacionarse a actividades particulares posteriores, tales como la recolección de datos que permitiría evaluar las ideas del alumnado, o las puestas en común que permitirían revisar y consensuar ideas. O así también, la docente puede decidir dejar que el alumnado evalúe y/o revise sus propias ideas.

Este tipo de encadenamiento de secuencias discursivas suele ocurrir durante las interacciones personales entre alumnado y docente. A diferencia de otros tipos de encadenamientos que

serán revisados posteriormente, los cuales se asocian a instancias de puestas en común en las que se consensuan ideas, este tipo de encadenamiento (Ex) tiende a ser propio de aquellas interacciones con los pequeños grupos de estudiantes. Es decir, las ideas que pueden surgir de este tipo de encadenamiento pueden ser distintas entre ellas en un mismo taller. Además, pareciera ser natural que esta cadena de secuencias discursivas ocurra, principalmente, durante las fases de instrucción familiarización y discusión. Es decir, este encadenamiento de prácticas de modelización permite que el alumnado explore sus propias ideas, tanto desde la percepción que le otorgan sus sentidos, como también a través de la reflexión y profundización de sus propias ideas y conocimientos al ser debatidos en los pequeños grupos. Además, al ser un encadenamiento que suele surgir en los momentos iniciales de los episodios, pareciera permitir que el profesorado se aproxime a las ideas que han sido discutidas por el alumnado de manera autónoma. Además, este encadenamiento, el cual posee un foco en la exploración de ideas, conforma, en parte, todos los encadenamientos posteriores (excepto aquel encadenamiento en el que el alumnado enuncia, desde un principio, ideas científicamente aceptadas). Es decir, durante los talleres REVIR predominan aquellos encadenamientos de modelización en los que es necesario que la docente medie que el alumnado explore sus ideas para luego expresarlas y/o usarlas en la descripción, explicación, y/o predicción de un fenómeno.

Concretamente, este encadenamiento de prácticas de modelización ha sido identificado en los episodios de los talleres REVIR, tal como se presenta en la siguiente figura 6.1.b.

SP19	F				D							C				D				C																																
Episodios	1	2	3	4	5			6				7	8			9				10	11	12	13	14		15		18																								
Cantidad de enunciados de la docente	10	12	10	6	4	3	2	9	8	11	5	10	17	16	9	3	14	5	19	16	9	20	27	18	9	8	6	4	29	12	10	14	8	7	2	4	3	2	1	6	3	3	3	29	1	1	9	13	6	4	7	
Cantidad de enunciados del alumnado	8	7	9	4	3	3	1	8	5	17	7	16	21	14	11	5	3	5	19	11	9	20	19	18	10	5	4	2	14	5	6	8	4	4	1	3	2	3	1	1	5	2	2	2	24	1	0	8	7	3	3	5

EV19	F						D				C				D				C																																									
Episodios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			12	13	14	15				16				17																																				
Cantidad de enunciados de la docente	4	4	4	3	2	3	4	5	7	3	4	5	19	1	7	3	11	1	11	8	6	8	4	5	16	8	13	17	3	6	3	16	4	7	4	10	30	18	10	11	2	15	5	2	7	8	1	19	10	13	8	11	3	5	25	3				
Cantidad de enunciados del alumnado	3	1	2	4	3	2	2	3	2	3	4	3	2	3	1	15	0	5	2	10	0	7	8	3	7	2	5	12	7	18	11	3	5	3	11	1	5	1	6	2	1	10	7	8	2	8	3	1	3	5	1	9	7	10	7	5	3	3	19	2

SP20	F			D				C				D				C																																													
Episodios	1	2	3	4			5				6				7				8				9	10	11	12	13																																		
Cantidad de enunciados de la docente	5	4	7	3	7	5	2	3	7	4	2	7	9	8	4	6	9	1	6	3	11	11	1	1	2	2	2	1	2	3	4	1	6	4	4	5	1	3	5	1	1	1	1	8	3	5	14	8	9	9	3	1	3	0	2	4	10	13	4	6	6
Cantidad de enunciados del alumnado	5	5	7	2	4	1	1	2	6	1	2	5	5	7	8	5	5	2	6	3	7	10	1	0	2	2	1	3	2	4	3	4	5	4	1	3	2	2	3	2	1	5	2	2	6	5	6	1	6	3	3	1	2	1	5	6	1	4	5		

EV20	F				D			C				D				C																																											
Episodios	1	5	4	5	6	7	8.1			8.2				9	10	11	12				13				16.1				17				18																										
Cantidad de enunciados de la docente	13	0	4	2	7	9	5	4	20	16	7	1	3	2	1	7	6	17	9	24	1	2	3	14	12	7	2	3	9	4	5	3	5	1	1	5	1	1	1	8	3	5	12	4	21	2	4	2	8	10	5	14	2	5	19	7	10	3	7
Cantidad de enunciados del alumnado	10	1	3	0	4	4	3	3	17	9	3	1	0	2	2	3	8	3	18	0	2	2	11	10	5	3	1	2	4	1	40	8	1	2	4	4	11	9	16	2	2	2	9	7	5	7	2	7	4	3	2	4							

Fig. 6.1.b. Momentos de los talleres REVIR en los que el alumnado participa en los encadenamientos de modelización Ex.

A continuación, a modo de ejemplificación, presentamos un extracto de lo que hace alumnado y docente durante el encadenamiento de tres secuencias discursivas que ocurren durante el episodio Ep16 PC EV19 y que han sido categorizadas con la cadena de secuencia discursiva Ex.

Ep16 PC EV19	La profesora promueve que el alumnado describa, de manera interpretativa, el movimiento del coche basándose en la forma de la curva en la gráfica posición-tiempo que han predicho: “... ¿es un movimiento MRU o MRUA?”; o con respecto a la aceleración del coche, “¿cómo hace? ¿cada vez cómo?”, a lo que el alumnado responde “cada vez más lento” en la ida del coche, y “va más rápido” en la vuelta del coche. La docente destaca que no evaluará si las predicciones de las gráficas posición-tiempo son correctas o incorrectas, sino que evaluará si dichas gráficas son coherentes con la descripción que realiza el alumnado respecto al movimiento del coche.	U/E
	La profesora promueve que el alumnado describa, de manera interpretativa, y en relación al fenómeno, el movimiento del coche según la forma de la curva de la gráfica posición-tiempo que han predicho. Este grupo de estudiantes ha considerado en la curva de su gráfica posición-tiempo predicha, el intervalo en que el coche es tomado para luego ser lanzado a través de la goma: “Hemos hecho lo mismo, pero hemos dibujado al principio la aceleración inicial que le dona la goma”. Luego, en el movimiento de ida del coche, el alumnado menciona que el coche va lento debido a que “lo están tirando para atrás”. Sin embargo, la docente interpreta la gráfica predicha por este grupo de estudiantes y les menciona: “Pero al principio aquí han puesto aquí que va muy lento, hasta que va más rápido y después se devolverá lento hasta que frena. Eso es lo que dice este gráfico, y si esto es la idea que tienen en la cabeza, está bien”.	U/E

	<p>La profesora promueve que el alumnado exprese sus ideas respecto a cómo es el movimiento del coche, preguntándoles si piensan que la ida y la vuelta del coche demoran lo mismo, lo que puede ser observado a través de las curvas predichas en las gráficas posición-tiempo: “¡Ah! Una última pregunta, ¿este gráfico de aquí, lo han hecho simétrico? ¿no?”. Posteriormente, esto es relacionado por el alumnado a al hecho de si el coche va más rápido o más lento en la ida o en la vuelta, por lo que un estudiante responde: “Se devuelve más rápido”. Luego, la docente menciona que esto será comprobado posteriormente a través de la toma de datos.</p>	U/E
--	---	-----

Con la participación del alumnado en este tipo de encadenamiento de secuencias discursivas, la docente conoce las ideas intuitivas del alumnado. Tal como en el ejemplo anterior, la docente se entera de las ideas que el alumnado tiene sobre cómo son las velocidades y aceleraciones del coche, y en parte, se entera de cómo el alumnado relaciona las ideas de fuerza desarrolladas en actividades anteriores, con las actuales ideas de cinemática. Además, en este tipo de encadenamiento, la docente no emite juicio alguno sobre las ideas que han surgido del alumnado, ya que, tal como mencionamos previamente, la posterior evaluación y/o revisión de dichas ideas puede ser llevada a cabo, tal como en los talleres EV, a través de tomas de datos basadas en simulaciones del fenómeno estudiado.

Esto es concordante con las categorías propuestas por Krell, Walzer, Hergert, y Krüger (2019) y utilizadas por Göhner y Krell (2022), las que se corresponden con las actividades de modelización que realiza un profesorado en formación al participar de una tarea en la que investigan una caja negra. A pesar de que el contexto puede ser un tanto distinto, nos han orientado en la identificación de patrones de prácticas de modelización. Estos autores mencionan que el proceso de modelización que transcurre en su categoría denominada “*sólo exploración*” puede dividirse en actividades de modelización, tales como: “*percepción de un fenómeno*”, “*exploración de un sistema*”, y “*activación de analogías y experiencias*”. Todas estas actividades son concordantes con los objetivos, tanto de la práctica de modelización

usar/expresar ideas, como también de las fases de la instrucción en la que esta secuencia de prácticas de modelización es más frecuente. En particular, Krell et al. (2019) destaca que este tipo actividades median que las experiencias del alumnado con el mundo real respalden el desarrollo de ideas que permitan describir, explicar, y/o predecir un fenómeno, o algún aspecto de éste; y así también, basados en lo que destaca Windschitl et al. (2008a), estos encadenamientos de secuencias discursivas median que el alumnado articule ideas que posteriormente tendrán oportunidad de ser puestas a prueba. Por otro lado, pensando en el rol docente, estas secuencias discursivas pueden ser utilizadas por el profesorado para organizar la posterior puesta en común, en la que incluiría estrategias para mediar el progreso de las ideas usadas y/o expresadas por el alumnado.

6.1.2.2. Cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado Evalúe sus ideas (ExE).

Esta cadena de secuencias discursivas es conformada por las prácticas de modelización de usar/expresar ideas y evaluar ideas. Durante esta cadena, la docente promueve el uso y/o expresión de ideas del alumnado, y el posterior cuestionamiento de éstas. Sin embargo, éste no continúa con una revisión de ideas mediada por la docente; sino que la docente, posterior al momento en que cuestiona las ideas del alumnado, se retira para que sea el mismo alumnado quien continúe discutiendo sus ideas.

Esta cadena de secuencias discursivas no se relaciona, inmediatamente, con las prácticas de revisar ideas, ya que dichas instancias suelen relacionarse a posteriores interacciones personales en las que la docente decide acompañar al alumnado en la evaluación y revisión

de ideas, o a posteriores puestas en común, que permitirían revisar y consensuar ideas. O así también, la docente puede decidir dejar que el alumnado revise sus propias ideas.

Este tipo de encadenamiento de secuencias discursivas suele ocurrir durante las interacciones personales entre alumnado y docente. Tal como el encadenamiento Ex, y a diferencia de otros tipos de encadenamientos que serán revisados posteriormente, los cuales se asocian a instancias de puestas en común en las que se consensuan ideas, este tipo de encadenamiento tiende a ser propio de aquellas interacciones con los pequeños grupos de estudiantes. Es decir, las ideas y evaluaciones que pueden surgir de este tipo de encadenamiento pueden ser distintas entre ellas en un mismo taller. Además, esta cadena de secuencias discursivas suele ocurrir durante las fases de instrucción familiarización y discusión. Sin embargo, es necesario mencionar su destacada presencia en el taller EV19. Teniendo en consideración esto, este encadenamiento de prácticas de modelización otorga la oportunidad para que el alumnado explore y evalúe sus propias ideas, sobre todo cuando suelen recurrir sólo a su experiencia cotidiana, a su percepción otorgada por los sentidos, y a sus ideas intuitivas para describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado, o algún aspecto de éste. Además, otorga la oportunidad para que sea el alumnado quien profundice en sus propias ideas y conocimientos a través del debate en los pequeños grupos. A pesar de su mayor presencia en la fase de familiarización en el taller EV19, no es tan frecuente en los talleres REVIR. De hecho, pensamos que este encadenamiento es frecuente en el taller EV19 debido a que en esta fase la docente cuestiona los montajes experimentales propuestos por el alumnado para simular la frenada del coche en la carretera haciendo preguntas como: “¿a qué correspondería esta simulación de frenada en la realidad?”, lo que indicios de que este encadenamiento de secuencias discursivas efectivamente media que el alumnado explore y cuestione sus ideas.

Concretamente, este encadenamiento de prácticas de modelización ha sido identificado en los episodios de los talleres REVIR, tal como se presenta en la siguiente figura 6.1.c.



Fig. 6.1.c. Momentos de los talleres REVIR en los que el alumnado participa en los encadenamientos de secuencias discursivas ExE.

A continuación, a modo de ejemplificación, presentamos un extracto de lo que hace alumnado y docente durante el encadenamiento de dos secuencias discursivas que ocurren durante el episodio cuyo código es Ep1 IP SP19 y que han sido categorizadas por el encadenamiento de secuencias discursivas ExE.

Ep1 IP SP19	La profesora promueve que el alumnado exprese sus ideas relacionadas a los instantes e intervalos del movimiento de descenso del saltador que han considerado para estudiar el movimiento de descenso, y además, les pregunta por las fuerzas que actúan sobre el saltador a lo largo del salto de puenting. El alumnado considera el intervalo en que el saltador cae en caída libre, y luego desde cuando la cuerda empieza a estirarse, hasta llegar a la elongación máxima: “ <i>Sigue bajando aún un poco, pero no sé si en sólo dos... [Refiriéndose a la cantidad de intervalos que permitirían estudiar el movimiento de descenso del saltador]</i> ”.	U/E
	La profesora promueve que el alumnado piense en los distintos instantes del movimiento de descenso del saltador que podrían considerar para estudiar su movimiento de descenso, sugiriendo que se fijen en la cuerda que lo sujeta: “ <i>Piensen por cuáles longitudes pasa la cuerda, ¿vale? Es decir, cuando el saltador está aquí, está en caída libre, ¿vale?, hay diferentes momentos en que la cuerda tiene diferentes longitudes, ¿vale?</i> ”, “ <i>Hay dos o tres longitudes diferenciadas y claves, vean si las logran identificar, ¿vale? Relacionándola con la fuerza elástica de la cuerda, ¿vale?</i> ”. Posterior a esto, el alumnado es más exhaustivo al momento de describir el movimiento de descenso del saltador a través de las distintas longitudes de la cuerda durante el descenso: “ <i>Vale, una sería la longitud normal de la</i> ”.	Ev

	<p><i> cuerda”, “Creo que es máxima la longitud”. Sin embargo, a pesar de mejorar la manera de referirse a dichos instantes, el alumnado no expresa ideas respecto a las longitudes intermedias de la cuerda. Es por esto que la docente sugiere otro instante que permita estudiar el movimiento de descenso del saltador: “Entre ese de la longitud natural, de la longitud natural de la cuerda que han dicho, y el máximo, que ya no puede estirarse más, ¿hay algún otro punto? ¿alguna otra longitud? Piensen, si hay algún otro momento”.</i></p>	
--	--	--

Tal como es posible ver en el ejemplo anterior, con la participación del alumnado en este tipo de encadenamiento de secuencias discursivas, la docente puede conocer las ideas intuitivas del alumnado, y sugerir que presten atención a algún aspecto clave del fenómeno o del montaje experimental estudiado. Además, este encadenamiento de prácticas de modelización no posee una práctica de revisión luego de la práctica de evaluación. Esto puede ser debido a que la docente considera que el alumnado aún puede explorar más sus propias ideas, debatir en base a sus experiencias, o a la manipulación del montaje experimental, antes de requerir de las sugerencias o ideas que pueda aportar el profesorado. De esta manera, esto parece ser concordante con el hecho de que este encadenamiento predomine en las fases de familiarización, y colabore en el desarrollo de las fases de discusión. Por el contrario, en las fases de consenso, tal como hemos definido en el capítulo 4, ya se espera que las ideas del alumnado progresen o ya hayan progresado, por lo que mediar la divergencia de ideas no suele ser apropiado en dichos momentos del taller.

Esto es concordante con las categorías utilizadas por Göhner y Krell (2022). Estos autores mencionan que el proceso de modelización que transcurre en su categoría denominada *“exploración y desarrollo con un foco sobre desarrollo”*, puede dividirse en actividades de modelización, tales como: *“desarrollo de modelos orientado a la activación de analogías y experiencias”*, y *“evaluación de la consistencia y la representación”*. Además, este encadenamiento de prácticas de modelización es concordante con el diagrama que ilustra el

proceso de modelización propuesto por Krell et al. (2019), que destaca la relación directa e inmediata entre aquellas actividades de modelización que transcurren durante la exploración de las ideas del alumnado, y aquellas actividades orientadas al cuestionamiento de aquellas ideas propuestas. De hecho, basados en lo que menciona Windschitl et al. (2008a) con respecto a las conversaciones que favorecen el enfoque MBI, este encadenamiento de prácticas de modelización media que el alumnado busque y/o piense en evidencias que permitan apoyar un argumento, o una explicación expuesta durante una secuencia discursiva categorizada con la práctica de modelización usar/expresar ideas. De hecho, basados en lo mencionado por Hernández et al. (2015), quien se basa en Buckley (2000), al incentivar a que el alumnado evalúe sus propias ideas, se promueve que intenten generar sus propias preguntas, manteniéndolos así en una constante participación de prácticas científicas que medien el progreso de dichas ideas.

Así también, basados en lo expuesto por Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, y Zhan (2011), a través de estos encadenamientos, el profesorado puede motivar a que el alumnado sienta la necesidad de recurrir al debate y la evidencia empírica que permita poner a prueba las ideas mencionadas previamente. Así también, al igual que con el encadenamiento anterior (Ex), la docente puede reconocer aquellas ideas que posteriormente podrían ser revisadas y consensuadas en la puesta en común, y así planificar la manera que podría articular las distintas ideas que han surgido en los pequeños grupos, y orquestar el discurso de aula.

6.1.2.3. Cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado Evalúe y Revise sus ideas (ExER)

Este encadenamiento de secuencias discursivas es conformado por las prácticas de modelización de usar/expresar idea, evaluar idea, y revisar idea. Su disposición puede no ser sólo en el orden mencionado previamente, sino que puede conformarse por continuos encadenamientos de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado exprese y evalúe sus ideas (ExE), para luego finalizar con una práctica de revisión de ideas del alumnado. O así también, puede iniciar con una práctica de usar/expresar idea que provoca que el alumnado exprese ideas alternativas (relacionadas a la primera), motivando así que la docente promueva la evaluación de dichas ideas, para luego volver a evaluar la primera de éstas, y así mediar su progreso y revisión. Es decir, durante encadenamientos de secuencias discursivas intermedios, el alumnado puede que use y/o exprese, y evalúe ideas que apoyan el progreso de aquella idea usada y/o expresada en el primer encadenamiento. De esta forma, a través de este encadenamiento, el profesorado promueve que el alumnado use y/o exprese sus ideas, que las cuestione, y posteriormente, las revise a través de la incorporación de ideas que ayudan concretar y refinar el progreso de las ideas del alumnado. Cabe destacar que la mayoría de ideas del alumnado surgen a través de su participación en este tipo de encadenamiento de prácticas de modelización, tanto durante las interacciones personales con el alumnado, como también durante las puestas en común.

Esta cadena de secuencias de prácticas de modelización es identificada cuando las secuencias discursivas que la conforman se desarrollan en torno a una idea particular del modelo. Es

decir, las ideas que es usada y/o expresada por el alumnado, posteriormente es evaluada y revisada.

Dejando de lado aquel encadenamiento de modelización en el que el alumnado menciona desde un principio las ideas científicamente aceptadas, y, en concordancia con los talleres REVIR y su cultura de aula, la presencia de este encadenamiento de prácticas de modelización corresponde al encadenamiento más frecuente en los talleres REVIR. Este corresponde a un encadenamiento en el que la docente media que el alumnado use y/o exprese sus ideas, y posteriormente, las cuestiona, provocando un inminente progreso de dichas ideas, favoreciendo así, por último, una participación en prácticas de revisión de ideas. A pesar de ser uno de los encadenamientos más frecuentes, debido a su naturaleza cuestionadora de las ideas del alumnado, la mayor presencia de este encadenamiento de prácticas de modelización se encuentra en la fase de instrucción discusión. Es decir, media el desarrollo de una fase de la instrucción en la que la docente media el cuestionamiento, estructuración y profundización de las ideas del alumnado. Además, este tipo de encadenamiento (ExER) tiende a ser propio de aquellas interacciones con los pequeños grupos de estudiantes. De esta forma, las ideas que pueden surgir de este tipo de encadenamiento pueden ser distintas entre ellas en un mismo taller. Así también, es relevante mencionar que la presencia de este encadenamiento de prácticas de modelización posee más presencia en las puestas en común (en comparación con los encadenamientos anteriores Ex y ExE). En dichos encadenamientos durante las puestas en común, la docente suele mediar una aclaración de las ideas del alumnado, invitándoles a participar de prácticas de modelización de evaluación similares a aquellas que pudieron haber sido desarrolladas durante las IP. Cabe mencionar que este tipo de encadenamiento puede ser entendido como una composición del resto de encadenamientos.

Es decir, las finalidades ya discutidas en los encadenamientos Ex y ExE, también se encuentran incluidas en el presente encadenamiento de prácticas de modelización.

Concretamente, este encadenamiento de prácticas de modelización ha sido identificado en los episodios de los talleres REVIR, tal como se presenta en la siguiente figura 6.1.d.



Fig. 6.1.d. Momentos de los talleres REVIR en los que el alumnado participa en los encadenamientos de modelización ER.

A continuación, a modo de ejemplificación, presentamos un extracto de lo que hace alumnado y docente durante el encadenamiento de dos secuencias discursivas que ocurren durante el episodio cuyo código es Ep13 IP EV19 y que han sido categorizadas por el encadenamiento de secuencias discursivas ExER.

Ep13 IP EV19	La profesora promueve que el alumnado mencione las fuerzas que han considerado para estudiar el movimiento de frenada del coche. Sin embargo, luego de que el alumnado expresa dichas fuerzas, la docente pregunta: “Mhm, ¿Y alguna más?”, a lo que el alumnado responde: “La aceleración”.	U/E
	De esta manera, la docente fomenta que el alumnado cuestione su idea de fuerza, y reconozca que la aceleración no es una fuerza, sino que la aplicación de una fuerza provoca la aceleración del coche. En cierto momento de la discusión entre el alumnado y la docente, el alumnado menciona que la gravedad es una aceleración, pero inmediatamente, contradiciendo lo previamente mencionado, menciona que la gravedad es una fuerza. Posteriormente, el alumnado expresa que el peso es una fuerza, que es provocada por la gravedad, por lo que la docente recupera lo que el alumnado mencionó previamente, que la gravedad es una aceleración: “¿La gravedad? La gravedad han dicho que es una aceleración”.	Ev

	<p>Durante la evaluación la profesora pregunta: “¿Cuál cuerpo hace esta fuerza del peso?”, a lo que el alumnado responde “La Tierra”. La profesora reconoce la respuesta del alumnado, y agrega: “La aceleración es aceleración, la fuerza es fuerza, ¿vale? La aceleración, por ejemplo, es la gravedad, ¿vale? Y la fuerza que hace La Tierra sobre los cuerpos es el peso, ¿sí? ¿lo tienen claro?”, “La fuerza y la aceleración no es lo mismo. Si que están involucradas y relacionadas, ¿eh? Pero no son los mismo, ¿vale?”. Luego, la docente les dice: “Piensen nuevamente el nombre aquí, ¿vale?, y piensen si falta alguna otra fuerza”. El alumnado tiene dificultades para nombrar a la fuerza que ejerce la fuerza sobre el coche, pero la profesora media que el alumnado recuerde que dicha fuerza se llama peso.</p>	R
--	---	---

Tal como es posible ver en el ejemplo anterior, cuando el alumnado participa en encadenamientos de secuencias discursivas de este tipo, la docente media el uso y/o expresión de ideas del alumnado, y su posterior evaluación y revisión. En relación con el ejemplo previamente expuesto, cabe mencionar que, en un principio, la docente no pretendía hacer que el alumnado expresara la idea que posteriormente es evaluada. De alguna manera, la docente, de acuerdo al marco de la evaluación formativa informal, de manera oportuna identifica una idea científicamente menos aceptada enunciada por el alumnado, detonando una secuencia discursiva en la que, a través de un discurso docente adecuado a las ideas del alumnado, evalúa dicha idea, cuya posterior revisión permite que la docente aborde una interrogante relacionada con aquella idea que dio origen al episodio.

Así también, es necesario mencionar que, regularmente, este tipo de encadenamientos son guiados por enunciados o preguntas realizadas por la docente, las cuales fomentan las respuestas del alumnado y el surgimiento de aquellas ideas científicamente menos aceptadas que orientan el desarrollo de las posteriores prácticas de modelización del encadenamiento.

Este tipo de encadenamiento ha sido ampliamente destacado en la literatura. Tal como es destacado por Rea-Ramirez, Clement, y Núñez-Oviedo (2008), los ciclos GEM tienen un rol fundamental en la ciencia, ya que la modelización relacionada a estos ciclos permite un

continuo progreso de las ideas del alumnado hacia una sofisticación cada vez más cercana a las ideas científicamente más aceptadas. Es decir, la participación del alumnado en, a lo menos, uno de estos encadenamientos media el progreso de, a lo menos, una de sus ideas. Cabe mencionar que, tal como ha expuesto Garrido-Espeja (2016), la presencia transversal de este tipo de encadenamiento promueve el proceso de construcción de ideas, desde el inicio del taller, donde predominan los encadenamientos Ex y ExE, y hacia el final, donde predominan las prácticas de modelización de revisar ideas. Es decir, se confirma que las ideas del alumnado tienen a progresar cuando participan de todas las prácticas de modelización, independiente de la fase de la instrucción en la que se desarrollen. Así mismo, considerando lo expuesto por Baek et al. (2011) en relación con la secuencia de enseñanza centrada en la modelización, las clases de ciencia que son orientadas, principalmente, por este tipo de encadenamiento, suelen mediar el desarrollo de clases de ciencia involucrando al alumnado en auténticas prácticas científicas. Además, estas mismas autoras destacan que enfocar las clases de ciencia desde esta perspectiva, involucrando encadenamientos de este tipo, se enfatiza la importancia de la evidencia empírica para participar de las prácticas de evaluación y revisión de ideas. Esto es secundado por Windschitl et al. (2008a), quienes, en relación con sus conversaciones que favorecen el enfoque MBI, que poseen similitud con el encadenamiento ExER, mencionan que quienes participan de dichas conversaciones se vuelven más competentes en cuanto su participación en las prácticas de indagación al interiorizar dichas conversaciones. De hecho, hasta pueden ser capaces de plantearse interrogantes tal como las que podría plantear el profesorado. Cabe destacar que este encadenamiento suele ser previo a episodios de consenso de ideas del alumnado, y, considerando lo afirmado por Hernández et al. (2015), que el alumnado participe de estos

encadenamientos ocurre naturalmente en el contexto de los talleres REVIR. Es decir, el alumnado participa en actividades que le permiten expresar y cuestionar sus ideas, sintiendo la necesidad de que dichas ideas sean revisadas en concordancia con la evidencia recolectada; para luego ser explícitamente revisadas en conjunto con el profesorado, ya sea durante las interacciones personales, o en las puestas en común.

Así también, es relevante destacar la naturaleza anidada que puede tener este tipo de encadenamiento. Tal como mencionamos previamente, en algunas ocasiones ocurre que, dentro de una cadena ExER comienzan a desarrollarse otras cadenas ExER. Considerando lo mencionado por Núñez-Oveido, Clement, y Rea-Ramirez (2008), la composición de encadenamientos ExER puede permitir que las ideas del alumnado progresen a través de ideas intermedias (que pueden ser igual de relevantes que la idea que detona el encadenamiento ExER principal). De esta manera, no sólo se favorece un constante progreso de las ideas del alumnado, sino que también, se enfatiza la importancia de la participación del alumnado y sus ideas en el proceso de aprendizaje; y además, desarrollar ideas a través de pequeños progresos permite que el alumnado sea capaz de seguir el razonamiento de dichas ideas. Además, con respecto al rol docente, este tipo de encadenamientos deja a su paso progresiones de aprendizaje que el profesorado puede utilizar en posteriores interacciones con el alumnado en las que construir cierta idea puede parecer más desafiante. Cabe destacar que, comparando la naturaleza anidada con sucesivos ciclos ESRU (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), el manejo de este tipo de encadenamientos no suele ser una tarea trivial. En la investigación desarrollada por estas autoras se destaca que la utilización de las ideas del alumnado como un trampolín para volver a cuestionar otras ideas suele ser llevado

a cabo por profesorado que maneja la orquestación de las ideas del alumnado para fomentar la comparación y contraste entre éstas.

De esta forma, una enseñanza de las ciencias que sea orientada por los ciclos GEM, que guardan parecido con los encadenamientos ExER, parece ser relevante para mediar el aprendizaje de nuevas ideas (Núñez-Oveido et al., 2008).

6.1.2.4. Cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado revise y consensue sus ideas ((Ex)R).

Esta tipología de encadenamiento de prácticas de modelización es conformada por las prácticas de modelización de usar/expresar ideas y, principalmente, la de revisar ideas.

Esta cadena de prácticas de modelización es identificada cuando el profesorado media que el alumnado exprese sus ideas, y éste lo hace enunciando ideas científicamente aceptadas. En particular, este caso ocurre cuando todas las prácticas de modelización en las que participa el alumnado son de revisar ideas.

La presencia de este nudo de modelización es la más alta, con mayor presencia en las fases de instrucción discusión y consenso. Durante la fase de instrucción discusión, este nudo de modelización suele ocurrir cuando la docente interactúa con pequeños grupos de estudiantes, ya sea porque sus ideas han progresado durante la actividad realizando trabajo autónomo; porque ya han interactuado previamente con alguna de las docentes, quien ha mediado el progreso de las ideas del alumnado; o porque el alumnado desde el inicio del taller cuenta con ideas científicamente aceptadas. Durante la fase de instrucción consenso, este encadenamiento de prácticas modelización suele ocurrir durante las puestas en común, debido a que es casi seguro que el alumnado haya interactuado con alguna de las docentes

que han colaborado en la evaluación y progreso de las ideas del alumnado, y que, por lo tanto, las ideas del alumnado ya hayan progresado. De esta manera, durante las puestas en común, el alumnado suele volver a expresar sus ideas, pero luego de haberlas revisado en momentos anteriores. Por otro lado, los encadenamientos (Ex)R que inician con una práctica de usar/expressar ideas, y que son carentes de práctica de evaluación, puede ser resultado de un diálogo entre alumnado y docente, donde la docente de manera oportuna media el progreso de una idea del alumnado. Además, cabe mencionar que las ideas que surgen a partir de este tipo de encadenamiento suelen ser compartidas, es decir, a diferencia de los encadenamientos Ex y E, que median el surgimiento de distintas ideas en distintos grupos de estudiantes, y por lo tanto, provocan una divergencia de ideas, las ideas que surgen del encadenamiento RC provocan lo contrario, es decir, la convergencia y consenso.

Concretamente, este encadenamiento de prácticas de modelización ha sido identificado en los episodios de los talleres REVIR, tal como se presenta en la siguiente figura 6.1.e.



Fig. 6.1.e. Momentos de los talleres REVIR en los que el alumnado participa en los encadenamientos de modelización RC.

A continuación, a modo de ejemplificación, presentamos un extracto de lo que hace alumnado y docente durante el encadenamiento de dos secuencias discursivas que ocurren durante el episodio cuyo código es Ep8 PC SP20 y que han sido categorizadas por el encadenamiento de secuencias discursivas (Ex)R.

Ep13 IP EV19	<p>La docente promueve que el alumnado exprese sus ideas. El alumnado responde desde ideas científicamente aceptadas. De esta forma, la docente promueve la revisión, resumen, y consenso de dichas ideas. En esta secuencia discursiva, la docente pregunta al alumnado: “¿Cómo explicarían el movimiento del saltador? ¿Cuáles son las etapas y tramos que han caracterizado?”, a lo que el alumnado responde con la velocidad y aceleración del saltador: “Cuando salta, en el primer momento, la velocidad del saltador es cero, y durante el primer tramo, su aceleración es $9,8 \frac{m}{s^2}$”. La docente recupera una idea mencionada por el alumnado: “Algún grupo puso que en el primer momento la velocidad es cero y la aceleración es cero. Si pasara esto, ¿qué pasaría con el saltador?”, a lo que el alumnado responde desde ideas aceptadas que no se movería.</p>	R
	<p>Posteriormente, la docente continúa promoviendo que el alumnado exprese la descripción interpretativa del intervalo en que el saltador cae en caída libre, y el alumnado continúa respondiendo desde aquellas ideas que pretendían ser alcanzadas: “Entonces, durante todo este tramo la velocidad aumenta debido a que el peso le ejerce una aceleración constante...”, y, de hecho, el alumnado se adelanta y expresa la descripción del movimiento del saltador cuando la cuerda alcanza su longitud natural: “Cuando la cuerda alcanza la longitud natural, la aceleración disminuye, pero la velocidad continúa aumentando más lentamente debido a que cada vez hay menos aceleración en el sentido de descenso, hasta que llega al momento en que se igualan las fuerzas”. Así, la docente comienza a mediar la revisión de las ideas relacionadas a cuando el saltador llega al instante en que la cuerda alcanza su longitud natural: “Vale, ¿por qué aumenta la velocidad más lentamente?”, “¿Qué fuerza ha aparecido en el momento de longitud natural?”. El alumnado responde de manera adecuada, por lo que la docente procede a resumir las principales ideas que surgen desde el análisis de este intervalo de descenso del saltador, sobre todo debido a que anteriormente hubo grupos de estudiantes que mencionaron ideas menos aceptadas: “Es decir, es verdad que sobre el saltador en el tramo 2 actúa el peso que le ejerce una aceleración, pero también está presente la tensión que hace variar la aceleración del saltador. Por esto, la aceleración que actúa sobre el saltador deja de ser sólo la de la gravedad, ¿vale?”. La docente incentiva el cierre de esta secuencia discursiva proponiendo una analogía que ayuda a comprender cómo la velocidad del saltador puede continuar aumentando a pesar de que el módulo de su aceleración disminuye.</p>	R
	<p>Luego, la docente sigue promoviendo que el alumnado exprese sus ideas, pero sin aludir explícitamente al tramo que debería ser mencionado: “Entonces, ¿qué pasa en el siguiente tramo?”, a lo que el alumnado responde: “Entonces, cuando el segundo tramo se acaba, el saltador llega a un momento en que la aceleración es cero porque la tensión que hace la cuerda es igual que el peso del saltador, por lo que luego de todos los rebotes del saltador, se quedará en esta posición. Luego, desde este momento disminuye la velocidad disminuye, porque la aceleración [Posteriormente] empieza a disminuir”. Debido a que el alumnado menciona ideas relacionadas a la aceleración del saltador en el intervalo posterior, la docente solicita la aclaración de esta idea, y al ser respondida de manera acertada, la docente recupera ideas previamente discutidas sobre la aceleración del saltador, su módulo y su sentido, en comparación con la aceleración del intervalo posterior al instante de equilibrio de fuerzas. De</p>	R

	hecho, la docente pregunta: <i>“Y otra cosa, la aceleración, luego del momento en que se equilibran las fuerzas, es contra el sentido de movimiento”, “Entonces, en módulo, la aceleración, ¿aumenta o disminuye?”</i> , a lo que el alumnado responde: <i>“Aumenta”</i> .	
	Posteriormente, la docente media que el alumnado exprese cómo es el movimiento del saltador en el instante más bajo de su descenso: <i>“Cuando llega al momento de elongación máxima, ¿cómo es la aceleración?”</i> . Un estudiante sugiere que ésta es cero, sin embargo, parece haber más consenso de que ésta es la aceleración máxima. Un estudiante pregunta: <i>“¿Por qué es máxima?”</i> , a lo que la docente responde: <i>“Piensen que lo que el saltador acelera hasta el punto de equilibrio, lo ha de perder en el corto tramo cuando la fuerza elástica es mayor que el peso. Por lo que la aceleración negativa debe ser más grande que la anterior, ¿sí? Entonces esto hace que la aceleración del saltador en el último instante, es máxima. ¿Alguna duda?”</i> . Además, la docente pregunta: <i>“Además hay un momento en el descenso del saltador en que su movimiento es rectilíneo uniforme, ¿qué momento sería?”</i> , a lo que el alumnado responde de manera acertada.	R
	Por último, la docente sugiere que cada uno de los instantes claves del descenso del saltador que han sido descritos, sean identificados con letras, de manera que toda la clase considere los mismos instantes al momento de dibujar las fuerzas que se ejercen sobre el saltador en cada uno de dichos instantes.	R

Tal como es posible ver en el ejemplo anterior, cuando el alumnado participa en encadenamientos de secuencias discursivas de este tipo, podríamos considerar que la docente media el uso y/o expresión de ideas del alumnado. Sin embargo, el alumnado responde desde ideas científicamente aceptadas, ya sea porque ya revisó previamente el modelo, o lo está revisando en el momento en que la docente realiza las preguntas. Así, dado que el alumnado revisa, o ya ha revisado sus ideas, este encadenamiento suele conformar las puestas en común.

Este tipo de encadenamiento, tal como hemos visto en la figura 6.1.e, y tal como hemos discutido en torno a su presencia en los talleres REVIR, suele ocurrir cuando se pretende alcanzar consenso sobre aquellas ideas científicamente aceptadas que permiten describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado, o algún aspecto de éste. De hecho, tal como menciona Windschitl et al. (2008a) y Baek et al. (2011), resulta relevante que, en las últimas instancias de una instrucción centrada en la modelización, se exponga la articulación lógica

de ideas y pruebas empíricas que han permitido dar solución al problema estudiado. O así también, basados en lo que menciona Khan (2007) y Núñez-Oveido et al. (2008) con respecto a la fase de modificación del ciclo GEM, estos encadenamientos también podrían involucrar la incorporación, reemplazo y/o sustracción de ideas, que permitirían enriquecer y refinar el modelo final que alcanza el alumnado. Desde este punto de vista, este encadenamiento de prácticas de modelización permitiría resumir, reemplazar, incorporar y sustraer aquellas ideas que son relevantes para poder describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado. Así también, a través de estos resúmenes de ideas es posible reconocer las aportaciones realizadas por el alumnado, las cuales, en su mayoría, son resultado de su participación en momentos previos de encadenamientos de prácticas de modelización Ex, ExE, y ExER.

Así también, basados en lo que mencionan Williams y Clement (2015), este tipo de encadenamiento ayuda a lidiar tanto a profesorado y alumnado con ideas científicamente poco aceptadas que pudieron haber surgido durante las secuencias discursivas categorizadas con las prácticas de modelización de usar/expresar ideas y evaluar ideas. Además, dichas ideas pueden haber surgido sólo en algunos grupo de estudiantes, quedando ocultas para otro grupos. De esta forma, a través de este encadenamiento, la docente media la democratización de ideas entre todo el alumnado.

6.2. ¿Qué progresos de ideas respecto al modelo de fuerzas y movimiento se identifican en los talleres REVIR?

En paralelo al análisis de las prácticas de modelización y sus encadenamientos, el Estudio 1 tenía también como objetivo conocer el progreso de las ideas del alumnado, que se dan a través de estas prácticas de modelización. Por lo tanto, en este segundo apartado de los resultados del Estudio 1 presentamos los progresos de ideas del alumnado que hemos podido registrar a través de audio o vídeo con respecto al modelo de interacciones newtonianas, comparando cómo es cierta idea del alumnado en dos momentos distintos de un taller. Estos progresos de ideas, o tipologías de progresos de ideas, inspirados en el trabajo de Liu y Fang (2016), han sido organizados en tres familias (tabla 6.2.a).

Tabla 6.2.a. Familias de tipologías de progreso de ideas del alumnado.

Familias de tipologías de progresos en las ideas del alumnado.	Tipologías de progresos de ideas en las ideas del alumnado.	Las ideas del alumnado progresan desde la idea...	... a la idea...
Respecto a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento (Mov).	Progreso en la interpretación del sentido en los sistemas de referencia (Mov-SR).	El signo algebraico de cierta magnitud vectorial no es necesario o depende de los cambios de módulo de dicha magnitud vectorial.	El signo algebraico de las magnitudes vectoriales depende del sistema de referencia.
	Progreso en la interpretación del origen del movimiento (Mov-Ori).	En el inicio de un movimiento, el valor inicial de las magnitudes vectoriales involucradas en el movimiento de un cuerpo es cero.	El valor inicial de las magnitudes vectoriales depende del sistema de referencia.
	Progreso en la interpretación de los puntos de inflexión (Mov-Infl).	El movimiento de un cuerpo puede ser descrito de manera exhaustiva a través de su posición y la velocidad.	El movimiento de un cuerpo puede describirse de manera exhaustiva a través de su posición, cambios de velocidad, y aceleración.
	Progreso en la interpretación de la pendiente en la gráfica de movimiento (Mov-Pend).	La pendiente de una curva en una gráfica posición-tiempo que describe el movimiento de un cuerpo no proporciona información para conocer la velocidad de dicho cuerpo.	La pendiente de una curva en una gráfica posición-tiempo que describe el movimiento de un cuerpo proporciona información para conocer la velocidad de dicho cuerpo.
Respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas (velocidad y aceleración) (Mag).	Progreso en el razonamiento con respecto a la velocidad (Mag-V).	Se asigna un valor erróneo a la velocidad debido a la confusión con otras magnitudes cinemáticas o dinámicas (posición, aceleración, o fuerza), u otros razonamientos erróneos.	Se asigna un valor adecuado y coherente a la velocidad de un cuerpo.
	Progreso en la conceptualización del sentido de la aceleración (Mag-A).	Se asigna un valor erróneo a la aceleración debido a la confusión con otras magnitudes cinemáticas o dinámicas (posición, velocidad, o fuerza) u otros razonamientos erróneos.	Se asigna un valor adecuado y coherente a la aceleración de un cuerpo.
	Progreso en el razonamiento con respecto a la relación entre velocidad y aceleración (Mag-VyA).	Se asigna una relación errónea a la relación entre velocidad y aceleración.	Se asigna una relación adecuada y coherente entre la velocidad y aceleración de un cuerpo.
Respecto a la conceptualización de fuerza e interacción (F).	Progreso en la conceptualización de la naturaleza de fuerzas (F-1).	Siempre que un cuerpo tenga una velocidad, hay una fuerza que es ejercida en el sentido de movimiento sobre dicho cuerpo.	Para que un cuerpo lleve una velocidad, no es necesario que se esté ejerciendo una fuerza en el sentido de movimiento.
	Progreso en la conceptualización de la fuerza resultante (F-2).	La aceleración de un cuerpo depende de una sola fuerza que se ejerce sobre dicho cuerpo, ya sea porque hay una fuerza más importante que las otras, o el valor de la fuerza resultante ejercida sobre un cuerpo depende del valor de la última fuerza ejercida sobre dicho cuerpo.	La aceleración de cuerpo depende de todas y cada una de las fuerzas que se ejerzan sobre dicho cuerpo.
	Progreso en la conceptualización de la fuerza normal (F-3).	La fuerza normal y el peso son fuerzas de acción y reacción.	La fuerza normal es una fuerza perpendicular a la superficie que ejerce dicha superficie.

Para cada tipología de progreso de idea proponemos una definición que describe el progreso de idea del alumnado de manera general, resumidas en la tabla 6.2.a. Luego, ejemplificamos el respectivo progreso de idea del alumnado a través de un diálogo entre alumnado y docente en alguno de los talleres REVIR, y también comparamos nuestros resultados con aquellas ideas que han sido documentadas en la literatura.

6.2.1. Respecto a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento (Mov).

La primera de las familias de tipologías de progreso que hemos definido son las que hacen referencia a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento (Mov). Estas tipologías hacen referencia a diferentes aspectos de una gráfica relacionada al estudio de la cinemática, concretamente, el sistema de referencia en base al que se construye la gráfica, a su pendiente, al origen del movimiento y a los puntos de inflexión. A continuación discutimos cada una de estas tipologías.

6.2.1.1. Progreso en la interpretación del sentido del sistema de referencia (Mov-SR).

Esta tipología de progreso de idea del alumnado ha surgido debido a que hemos identificado que el alumnado, en un momento particular, parece pensar que el signo algebraico de cierta magnitud vectorial no es necesario para describir el movimiento de un cuerpo. Posteriormente, el alumnado parece pensar que el signo algebraico de las magnitudes vectoriales sí que depende del sistema de referencia. Concretamente, este progreso de idea

del alumnado ha sido identificado en los episodios de los talleres REVIR, tal como se presenta en la siguiente figura 6.2.a.



Fig. 6.2.a. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo con la tipología Mov-SR.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado Mov-SR.

Ep11 IP SP20	L1	<i>[En el contexto de la sección 4 del dossier del taller SP, el alumnado de un pequeño grupo de estudiantes expresa su disconformidad con respecto a los signos algebraicos que definen el sentido de movimiento de un cuerpo. Esto es percibido por D2].</i> E: A ti no te dicen que vas a $-100 \frac{km}{h}$, tú vas a $100 \frac{km}{h}$, hacia adelante.
Ep11 IP SP20	L2	<i>[Seguidamente, D2 declara porqué es importante contar un con un sistema de referencia para analizar el movimiento de un cuerpo].</i> D2: Pero eso es necesario según el sistema de referencia que se tenga. Dependiendo del sentido en que te muevas, tu velocidad será positiva o negativa.
Ep11 IP SP20	L3	E: <i>[Continúa discutiendo la idea de referirse a la velocidad como negativa o positiva].</i>
Ep11 IP SP20	L4	D2: Pero sí que debes tener un punto de referencia donde puedas decir que cierto punto es cero. Entonces, si tú tienes el punto cero abajo, y tú estás aquí arriba, y un poco más abajo, las distancias al cero son diferentes.
Ep11 IP SP20	L5	E: Vale, vale. Entonces esto sería así <i>[Escribe la respuesta en el dossier, donde se ve que el alumnado representa correctamente el sentido del movimiento del cuerpo estudiado].</i>

En el ejemplo anterior, la idea inicial del alumnado se relaciona a que no consideran necesario aludir a los signos algebraicos para definir el sentido de la velocidad. Esto se relaciona con

la investigación realizada por Eriksson et al. (2018), quienes han propuesto que la idea menos refinada del alumnado relacionada a los signos algebraicos para describir el movimiento de un cuerpo se relaciona con la idea inicial del alumnado en el diálogo anterior. Esta idea es, el alumnado parece pensar que los signos algebraicos de las magnitudes vectoriales no son necesarias para describir el movimiento de un cuerpo. A continuación presentamos el ejemplo con el que estos autores han respaldado esta idea más básica.

*“Q: Explain the speed and velocity of the ball before and after it turns. Explain the meaning of any algebraic signs (+ and –) that you use.
S: [...] I think that + and – seems a bit unnecessary. Why don’t [we] just say a motion to the right or left?
I: Would [the velocity] have any signs in this case?
S: No, not when we have decided forward as left. I don’t really think in terms of plus and minus, but I think in terms of right and left” (Eriksson et al., 2018, p. 2).*

Unas posibles razones por las que el alumnado puede tener esta idea se relaciona con que el alumnado parece pensar que el sentido de movimiento del cuerpo puede ser reemplazado por expresiones verbales que lo describan (Eriksson et al., 2018). Así mismo, puede ser debido a que el alumnado considera movimiento y la velocidad como propiedades de los cuerpos, y de esta forma, el sistema de referencia suele ser considerado como ornamental (Dimitriadi & Halkia, 2012). Además, puede que el alumnado no entienda los sistemas de referencia (Dimitriadi & Halkia, 2012) o las magnitudes vectoriales asociadas a la cinemática (Eshach, 2014).

Por otro lado, la idea inicial de la tipología Mov-SR ocurre en el diálogo entre alumnado y docente que se observa a continuación, en el que el alumnado parece pensar que el signo algebraico de cierta magnitud vectorial depende de los cambios de módulo de dicha magnitud vectorial. Posteriormente, al igual que en el diálogo anterior, la idea inicial del alumnado

progresa hacia la idea en la que el alumnado expresa que el signo algebraico de las magnitudes vectoriales depende del sistema de referencia.

Ep16 IP EV20	L24	[Luego de que el alumnado ha realizado la toma de datos, la docente le pregunta al alumnado qué quieren decir los signos algebraicos de las magnitudes cinemáticas].
	L25	D2: Y la aceleración, ¿por qué es positiva? E: Porque va aumentado la velocidad.
Ep16 IP EV20	L64	[Posteriormente, la docente realiza preguntas que relacionan la velocidad y aceleración, de tal manera que el alumnado se percate que el signo algebraico de las magnitudes no depende de si el módulo de éstas se hace cada vez mayor o menor].
	L65	D2: ¿Cómo es la velocidad cuando estamos frenando y la aceleración es negativa?
	L66	E: Si tú tienes una velocidad negativa, y como que...
	L67	D2: Ahora...
	L68	E: ... y como es más cercana a cero.
	L69	D2: Pero cuando yo freno, ¿la aceleración tiene el mismo signo, o el signo opuesto al de la velocidad? E: Opuesto.

Así, la tipología Mov-SR presente en el diálogo anterior podría ser explicado por la segunda categoría propuesta por Eriksson et al. (2018), que es también concordante con los resultados de la investigación de Govender (2007). Esto es, el alumnado asocia el signo algebraico de cierta magnitud vectorial a los cambios de módulo. Es decir, los signos algebraicos de las magnitudes vectoriales representan si los módulos de dichas magnitudes se hacen mayores o menores. A continuación presentamos los ejemplos detallados por Eriksson et al. (2018).

*“S: I experience plus as something that is getting bigger and minus as something that is getting smaller.
I: What do you think that the signs for velocity show?
S: Plus to me means that it is going faster, that the velocity increases. And minus should then be the opposite, that the velocity simply decreases.”* (Eriksson et al, 2018, p. 2).

*“I: What does the signs for acceleration mean to you?
S: Increase or decrease of velocity.
I: So when [the car] goes from some velocity to no velocity [what does it mean to you]?
S: Then it is deceleration, I’m thinking negative acceleration.”* (Eriksson et al, 2018, p. 2).

En estos casos se muestra cómo el alumnado relaciona el signo algebraico con el cambio de magnitud de la velocidad. En particular, si el módulo de la velocidad aumenta, el alumnado tiende a considerar que el signo algebraico de la velocidad es positivo, y por el contrario, si

el módulo de la velocidad disminuye, el alumnado tiene a considerar que el signo algebraico de la velocidad es negativo. Así también con la aceleración, donde el alumnado tiende a pensar que si la velocidad de un cuerpo disminuye, su aceleración será negativa, y viceversa. Esto también podría relacionarse con la idea inicial que suele tener el alumnado que será discutida posteriormente en la tipología Ac-Vel. Esta es, el alumnado que tiende a considerar que la velocidad no se diferencia de la aceleración (Trowbridge & McDermott, 1980). Posteriormente, el alumnado parece ser convencido por los argumentos del docente, mas no expresa alguna idea relacionada a la importancia de definir un sistema de referencia que permita estudiar el movimiento de los cuerpos.

6.2.1.2. Progreso en la interpretación del origen del movimiento (Mov-Ori).

Esta tipología de progreso de idea ha surgido debido a que el alumnado pasa de pensar que en el inicio de un movimiento el valor inicial de las magnitudes vectoriales involucradas en el movimiento de un cuerpo es cero, a pensar que el valor inicial de las magnitudes vectoriales depende del sistema de referencia. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.b.

SP19	F				D										C			D				C																															
Episodios	1	2	3	4	5					6					7	8			9			10	11	12	13	14	15		18																								
Cantidad de enunciados de la docente	10	12	10	6	4	3	2	9	8	11	5	10	17	16	9	3	14	5	19	16	9	20	27	18	9	8	6	4	29	12	10	14	8	7	2	4	3	3	2	11	6	3	3	3	29	1	1	9	13	6	4	7	
Cantidad de enunciados del alumnado	8	7	9	4	3	3	1	8	5	17	7	16	21	14	11	5	3	5	19	11	9	20	19	18	10	5	4	2	14	5	6	8	8	4	4	1	3	2	3	1	1	5	2	2	2	24	1	0	8	7	3	3	5

Mov-Ori Mov-Ori

EV19	F										D				C										D				C																															
Episodios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					16					21.1																																			
Cantidad de enunciados de la docente	4	4	4	3	2	3	4	5	5	7	5	3	4	5	19	1	7	3	11	1	11	8	6	3	8	4	5	16	8	13	17	3	6	3	16	4	7	4	10	30	18	10	11	2	15	5	2	7	8	1	19	10	13	8	11	3	5	25	3	
Cantidad de enunciados del alumnado	3	1	2	4	3	2	2	3	2	3	4	3	3	2	3	15	0	5	2	10	0	7	8	3	3	7	2	5	12	7	18	11	3	5	3	11	1	5	1	6	21	10	7	8	2	8	3	1	3	5	1	9	7	10	7	5	3	3	19	2

SP20	F			D										C			D	C																																										
Episodios	1	2	3	4					5					6			7			8	9	11	12	13																																				
Cantidad de enunciados de la docente	5	4	7	3	7	5	2	3	7	4	2	7	9	8	4	6	9	1	6	3	11	11	1	1	2	2	1	2	3	4	1	6	4	4	5	1	3	5	1	1	1	1	8	3	5	14	8	9	9	3	1	3	0	2	4	10	13	4	6	6
Cantidad de enunciados del alumnado	5	5	7	2	4	1	1	2	6	1	2	5	5	7	8	5	5	2	6	3	7	10	1	0	2	2	1	3	2	4	3	4	5	4	1	3	2	2	3	2	1	5	2	2	6	5	6	1	6	3	3	1	2	1	5	6	1	4	5	

EV20	F					D										C			D	C																																			
Episodios	1	3	4	5	6	7					8.1					9	10	11	12			13	16.1		17	18																													
Cantidad de enunciados de la docente	13	4	0	4	2	7	9	5	4	20	16	7	1	3	2	1	7	6	17	9	24	1	2	3	14	12	5	7	2	3	9	4	53	9	2	4	8	6	12	4	21	2	4	2	8	10	5	14	2	3	19	7	10	3	7
Cantidad de enunciados del alumnado	10	5	1	3	0	4	4	5	3	17	9	3	1	0	2	2	3	8	3	18	0	2	2	11	10	5	3	1	2	4	1	40	8	1	2	4	4	11	9	16	2	2	2	9	7	5	7	2	1	7	4	3	2	4	

Fig. 6.2.b. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología Mov-Ori.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y una docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado Mov-Ori.

Ep12
IP
SP19

L1 D1: ¿Qué puntos han identificado en su gráfico?
L2 E: Hemos identificado estos puntos [El alumnado señala tres de los cuatro puntos que permiten describir el movimiento del saltador. El punto que no consideran es el punto inicial, desde el que hemos considerado que inicia el movimiento de descenso del saltador].
L3 D1: Sí, pero ¿cuáles son?
L4 E: Este es el de equilibrio.
L5 D1: El de la elongación natural.
L6 E: Y el punto más bajo.

Ep18
PC
SP19

[El alumnado identifica en las curvas de las gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo, y aceleración-tiempo los cuatro puntos que permiten describir y explicar el movimiento de descenso del saltador, los tres que ya consideraban al principio, más el punto que se corresponde con el inicio del movimiento del saltador. En la gráfica de la derecha, la primera línea vertical (desde la izquierda de la figura) de color negro representa el punto que el alumnado suele ignorar para describir el movimiento del saltador].

Tal como hemos mencionado previamente, y tal como vemos en el diálogo de alumnado y docente previamente expuesto, el alumnado suele tener dificultades para realizar e interpretar gráficas de movimiento. Tal como menciona Eshach (2014), el alumnado suele proponer e

interpretar las gráficas como una imagen. Así, en lugar de considerar las curvas de las gráficas como cambios de magnitudes físicas, suelen interpretarlas como la trayectoria seguida por el cuerpo estudiado. De esta forma, tanto esta dificultad, como también aquella relacionada al sistema de referencia, pueden inducir ideas relacionadas a los valores iniciales de las variables de las gráficas estudiadas. En la cotidianeidad las personas suelen asociar el valor 0 (escalar o vectorial) a las variables involucradas en la cinemática cuando un cuerpo empieza a moverse, otorgando mayor importancia a los valores de las variables en instantes posteriores al inicial. Esto puede ser reforzado debido a que en la toma de datos, tanto la velocidad como la aceleración del saltador son iguales a cero. Por lo tanto, esta puede ser la razón por la que el alumnado suele ignorar los valores de las variables posición, velocidad, y aceleración al inicio del movimiento.

6.2.1.3. Progreso en la interpretación de los puntos de inflexión en la gráfica del movimiento (Mov-Infl).

Esta tipología de progreso de idea del alumnado ha surgido debido a que, en un principio, el alumnado expresa que el movimiento de un cuerpo puede ser descrito de manera exhaustiva a través de su posición y la velocidad. Posteriormente, el alumnado parece pensar que el movimiento de un cuerpo puede describirse de manera exhaustiva, no sólo a través de su posición, sino que también a través de sus cambios de velocidad, y aceleración. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.c.



Fig. 6.2.c. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología Mov-Infl.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y una docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado Mov-Infl.

[En el diálogo previo, el alumnado ha mencionado algunos instantes que ha considerado relevantes para describir el movimiento de descenso del saltador. Tales como cuando el saltador apenas empieza a caer, y cuando la cuerda apenas empieza a estirarse].

L10 E: Y llega un momento en que la cuerda está tensa. Llega a punto en que la cuerda comienza a actuar con una fuerza elástica.

L11 D1: Vale.

L12 E: Y entonces, llega la etapa cuando la cuerda ya está actuando del todo.

L13 D1: Vale.

L14 E: Sigue bajando aún un poco, pero no sé si dividirlo *[Refiriéndose al intervalo]* en sólo dos.

Ep1
IP
SP19

2.c. Tenint en compte que el saltador no es mou tota l'estona igual, pensa quines etapes podries fer servir per estudiar el seu moviment des de que comença a saltar fins que arriba per primer cop al punt més baix. Fes una llista amb el nom de les etapes. ¶

-Moment de caiguda lliure ¶

-Moment de màxima tensió (velocitat=0) ¶

L15 D1: Vale. Es decir, una etapa es cuando la cuerda comienza a tensarse,

L16 D1: Y la otra es cuando ya ¿qué?

L17 E: Cuando el saltador ya llega abajo.

L18 D1: Cuando ya llega abajo, sí.

L19 D1: Vale, luego lo comentaremos...

Ep3
PC
SP19

L18 D1: Vale, y entonces, ¿cuál otra etapa han puesto después? *[Dejando fija la longitud de la cuerda].*

- L19 E: Punto de equilibrio.
 L20 E: Fuerza elástica.
 L21 D1: Vale, aquí han dicho varias cosas, algunos han dicho punto de equilibrio, alguno ha dicho que aparece fuerza elástica, ¿vale?
 L22 E: Sí.
 L23 D1: Entonces, hay un momento en que, si yo deajo seguir, ¿vale? [*Deja suelto el pote y la canica, aun sosteniendo la cuerda por el extremo libre, procurando que el pote y la canica dejen de rebotar*] llega un momento en que llega a un punto de equilibrio, ¿vale?, por lo tanto, la cuerda tiene otra longitud que es la longitud en el punto de equilibrio, [*Recorriendo la cuerda de arriba a abajo con la mano libre*] ¿sí? Pero el saltador aún puede continuar bajando, ¿no? Esto lo han visto en el video.

En el diálogo previamente mostrado, y en la misma línea que en el diálogo de la idea Mov-Ori, el alumnado describe el movimiento de un cuerpo a través de los instantes iniciales y finales de dicho movimiento. De esta manera, el alumnado tiene dificultades para identificar instantes e intervalos intermedios para el estudio del movimiento del saltador. Esto puede ser debido a que, a través de la percepción visual, el alumnado parece percibir mejor los instantes iniciales y finales del movimiento de un cuerpo. Esta idea es reforzada por la respuesta dada por un grupo de estudiantes que hemos puesto en aquella parte del diálogo anterior donde el alumnado expresa su idea inicial, la que menciona que las dos etapas que utilizarían para estudiar el movimiento de descenso del saltador serían el momento de caída libre y cuando la cuerda elástica ejerce la máxima tensión. Además, cabe mencionar que los instantes e intervalos comprendidos entre los instantes iniciales (caída libre) y finales (fuerza elástica máxima) suelen ser identificados a través de ideas más sofisticadas relacionadas a la dinámica y cinemática. Esto, y las ideas científicamente menos aceptadas que el alumnado tiene en los momentos iniciales de los talleres SP y EV, no parece favorecer que el alumnado logre identificar aquellos instantes intermedios que permiten describir el fenómeno estudiado. Posteriormente, cuando las ideas del alumnado parecen progresar, logran identificar que un instante importante de descenso del saltador es aquel que suele ser imperceptible para el

alumnado en primera instancia, debido a que el descenso del saltador ocurre rápidamente antes los ojos del alumnado. Este instante es el de equilibrio de fuerzas, el que es identificado a través del instante en que el montaje experimental que simula la caída del saltador se queda en reposo. Es decir, a pesar de que el estudio del descenso del saltador en el taller REVIR SP sólo involucra el intervalo que es comprendido desde que el saltador se deja caer hasta el primer rebote, aquel momento que da indicios del instante en que se igualan las fuerzas del peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda, es posible identificarlo visualmente cuando el saltador deja de moverse luego de que realiza todos los rebotes.

6.2.1.4. Progreso en la interpretación de la pendiente de la gráfica del movimiento (Mov-Pend).

En esta tipología de progreso de idea, el alumnado, inicialmente, no es capaz de relacionar adecuadamente la pendiente de una curva que describe el movimiento de un cuerpo en una gráfica posición-tiempo, con la velocidad de dicho cuerpo. Posteriormente, el alumnado parece pensar que la pendiente de una curva en una gráfica posición-tiempo que describe el movimiento de un cuerpo proporciona información para conocer la velocidad de dicho cuerpo. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.d.

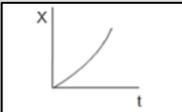


Fig. 6.2.d. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología Mov-Pend.

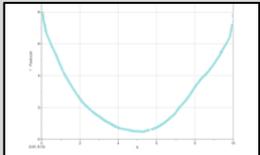
A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y una docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado Mov-Pend.

[La docente pregunta al alumnado cómo es el movimiento de un cuerpo que se mueve según la curva en la siguiente gráfica posición-tiempo].

Ep16 L18 D1: Este otro gráfico, ¿es MRU o MRUA?
 PC L19 E: MRUA.
 EV19 L20 D1: Bien.
 L21 D1: ¿El coche va cada vez más rápido o más lento?
 L22 E: Más rápido.
 L23 E: Más lento [Posteriormente, la docente pregunta al alumnado cómo sería el movimiento del coche según la curva predicha en la gráfica posición-tiempo].



Bloc a Bloc b Bloc c
 1 2 3 4 5 6 7



14. La gráfica que has dibujado corresponde a un MRU o MRUA?
 MRUA porque es una parábola (aceleración). A la primera parte acelera y a la segunda desacelera.

[Luego, la docente vuelve a preguntar al alumnado cómo sería el movimiento del coche según la curva predicha en la gráfica posición-tiempo].

Ep16 L35 E: Más rápido.
 PC L36 D1: Primero le cuesta avanzar, luego va cada vez más rápido [El alumnado muestra a la profesora la curva de la gráfica posición-tiempo, y usa adecuadamente la pendiente de la curva para expresar el cambio de velocidad del coche].

Investigaciones como las de Núñez, Suárez, y Castro (2022); Zucker, Kay, y Staudt (2014), y Eshach (2014) han destacado que el alumnado tiende a tener dificultades para interpretar

la pendiente de una curva que describe el movimiento de un cuerpo en una gráfica posición-tiempo como la velocidad de dicho cuerpo. Así, tal como se muestra en el diálogo anterior, el alumnado tiene dificultades para entender que una curva cóncava hacia arriba en una gráfica posición-tiempo representa un cuerpo que se mueve cada vez más rápido. Esto es posible apreciarlo también en lo que ha escrito el alumnado en el dossier que hemos puesto en la primera parte del diálogo anterior, a través del cual el alumnado declara que el coche, en su movimiento de ida (frenada), está acelerando en el sentido de movimiento de la frenada, y por el contrario, en el movimiento de regreso, el coche está desacelerando (reduciendo el módulo de su velocidad en el sentido de movimiento de regreso). Por otro lado, considerando también las ideas intuitivas del alumnado relacionadas a interpretar las gráficas como imágenes que representan la trayectoria del cuerpo, no es extraño que el alumnado considere que una curva cóncava hacia arriba que se vuelve cada vez más vertical en una gráfica posición-tiempo, represente un cuerpo que se mueve cada vez más lento. El alumnado podría pensar que dicha curva vertical resulta ser una pendiente tan pronunciada que el cuerpo no la puede superar. Y por el contrario, una curva que se vuelve cada vez más horizontal permitiría que un cuerpo pueda desplazarse cómodamente en dicha dirección. Posteriormente, el alumnado constata que una curva cóncava hacia arriba que describe el movimiento de un cuerpo en una gráfica posición-tiempo representa que dicho cuerpo se mueve cada vez más rápido.

6.2.2. Respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas (velocidad y aceleración) (Mag).

La segunda de las familias de tipologías de progreso de ideas del alumnado que hemos definido son las que hacen referencia a razonamientos con magnitudes (Mag) cinemáticas (velocidad y aceleración), cuando se le pide al alumnado que indiquen cuál es su valor, o cómo es su variación. En este tipo de razonamientos también aparece implícita o explícitamente la idea de fuerza, aunque no se entra a fondo en su conceptualización. Aquellos progresos de ideas que se relacionan explícitamente con la idea y naturaleza de las fuerzas se exponen en el sub apartado 6.2.3.

6.2.2.1. Progreso en el razonamiento con respecto a la velocidad (Mag-V).

En esta tipología de progreso de idea, en un principio el alumnado asigna un valor erróneo a la velocidad, o al cambio de velocidad, debido a la confusión con otras magnitudes cinemáticas o dinámicas (posición, aceleración, o fuerza), u otros razonamientos erróneos. Más tarde, el alumnado asigna un valor a la velocidad adecuado y coherente con el modelo de movimiento que se desarrolla en el taller REVIR. Hemos identificado algunas situaciones donde el alumnado piensa inicialmente que la velocidad de un cuerpo se relaciona directamente con una fuerza que se ejerce en la misma dirección y sentido de movimiento de dicho cuerpo. Más tarde, el alumnado parece pensar que la velocidad de un cuerpo es una magnitud vectorial que se relaciona con la fuerza a través de la aceleración que es provocada por dicha fuerza, y por lo tanto, no hay una relación lineal. En otros casos observamos

confusiones entre la velocidad máxima y aceleración máxima cuando una cuerda elástica alcanza su elongación máxima.

Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.e.



Fig. 6.2.e. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología Mag-V.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado Mag-V.

[Luego de que el alumnado ya ha mencionado algunas ideas respecto de la velocidad y aceleración del saltador, y las fuerzas que se ejercen sobre éste durante el movimiento de descenso, la docente D2 vuelve a preguntar con mayor detalle cómo es el movimiento del saltador durante su descenso].

L32 D2: Entonces, ¿cómo se comporta el saltador en cada uno de los tramos definidos por estos momentos?

Ep7 L33 D2: En el primer tramo estamos claros, la velocidad del saltador aumenta.
IP L34 D2: En el segundo tramo, ¿qué pasa?

SP20 L35 E: La velocidad disminuye, a causa de la tensión, y que es la misma fuerza que consigue ir parando al saltador.
L36 D2: ¿La velocidad disminuye? ¿El saltador empieza a frenar?
L37 E: Sí.
L38 E: No, frena cuando ya está abajo del todo.

L39 E: Empieza a frenar cuando aparece la tensión.

Ep7 *[Luego de unos segundos, el alumnado logra entender que una disminución del módulo de la aceleración del saltador, sin cambiar su dirección y sentido, no provoca una disminución de la velocidad del saltador].*
IP
SP20

- L95 E: La velocidad aumentará, pero más lento.
- L96 D2: Vale.
- L97 E: Sigue aumentando, pero no de la misma forma.
- L98 D2: No en la misma razón con la que lo hacía en el primer tramo.
- L99 D2: Entonces la aceleración que venía siendo $10 \frac{m}{s^2}$ en el primer tramo, luego de pasarla longitud natural es 9, luego 8, 7, 6, ... $\frac{m}{s^2}$... hasta que es cero en el momento en que se equilibran las fuerzas, pero durante todo ese tramo la aceleración del saltador continúa siendo hacia abajo, sólo que ya no es la de la gravedad, sino que es menor. Esto hace que la velocidad, tal como dijo E, no aumente tan rápido.

Tal como se puede apreciar en el ejemplo previamente mostrado, el progreso de idea del alumnado ocurre desde la idea en la que el alumnado parece pensar que la velocidad del saltador es directamente proporcional a la fuerza que se ejerce sobre el saltador en el sentido de movimiento, a la idea en que considera que la velocidad del saltador puede aumentar a pesar de que la fuerza sea menor a aquella que se ejercía previamente en el sentido de movimiento. La idea inicial que suele tener el alumnado se relaciona a lo que ya ha sido documentado por Viennot (1978), Driver (1986), Demirci (2005), Bayraktar (2007), Tarábek (2010), y Liu y Fang (2016) quienes mencionan que el alumnado suele pensar que debe ejercerse una fuerza sobre un cuerpo para que éste se mueva, contradiciendo así La Primera Ley de Newton. Además, en concordancia con lo que se puede apreciar en el diálogo anterior, el alumnado piensa que hay una relación directa entre los módulos de la fuerza y la velocidad. De esta forma, el alumnado puede tener la idea de que a menor fuerza ejercida sobre el cuerpo, menor será la velocidad de dicho cuerpo. Posteriormente, cuando la idea del alumnado parece progresar hacia aquella científicamente más aceptada, el alumnado menciona que la velocidad del saltador seguirá aumentando, pero esta lo hará de manera más lenta en comparación con aquel intervalo en el que sólo era La Tierra quien ejercía una fuerza sobre el saltador.

6.2.2.2. Progreso en la conceptualización del sentido de la aceleración (Mag-A).

En esta tipología de progreso de idea, en un principio el alumnado asigna un valor erróneo a la aceleración debido a la confusión con otras magnitudes cinemáticas o dinámicas (posición, velocidad, o fuerza) u otros razonamientos erróneos. Más tarde, el alumnado asigna un valor a la aceleración adecuado y coherente con el modelo de movimiento que se desarrolla en el taller REVIR. Hemos identificado algunas situaciones donde el alumnado no es capaz de relacionar el cambio de alguna de las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo, con el cambio en la aceleración de dicho cuerpo. Posteriormente, la idea del alumnado parece progresar a la idea en que la aceleración de un cuerpo sí que varía según cómo es la fuerza resultante que es ejercida sobre dicho cuerpo. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.f.



Fig. 6.2.f. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología Mag-A.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la sub tipología de progreso de idea del alumnado Mag-A.

		<i>[Previamente, el alumnado ha descrito el movimiento de descenso del saltador desde ideas científicamente aceptadas, hasta cuando el saltador alcanza el instante en que la cuerda tiene su longitud natural].</i>
	L21	D1: Entonces, ¿qué pasa aquí? <i>[Refiriéndose al instante en que la cuerda alcanza su longitud natural].</i>
	L22	E: Entonces en el tramo antes de la posición de equilibrio de fuerzas, la fuerza elástica va aumentando, pero es más pequeña que la del peso, aún...
	L23	E: Aún el sentido es hacia abajo <i>[Refiriéndose al sentido que posee la fuerza resultante entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda].</i>
Ep6 IP SP19	L24	D1: Vale.
	L25	E: Luego llega al punto de equilibrio.
	L26	D1: Y la aceleración, ¿cómo es en ese tramo? <i>[Refiriéndose al intervalo comprendido entre que la cuerda alcanza su longitud normal y aquella en la que hay equilibrio de fuerzas entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda].</i>
	L27	E: Constante, ¿no?
	L28	E: Uy, no lo sé.
	L29	D1: Entonces, ¿qué pasa aquí? <i>[Refiriéndose al punto en que la cuerda alcanza su longitud natural].</i>
	L30	E: Entonces en el tramo antes de la posición de equilibrio de fuerzas, la fuerza elástica va aumentando, pero es más pequeña que la del peso, aún...
		<i>[Más tarde, el alumnado logra entender que si la fuerza resultante que se ejerce sobre un cuerpo cambia, también lo hará su aceleración].</i>
	L53	D1: Por tanto, ¿qué está pasando con la aceleración?
	L54	E: Disminuye.
	L55	D1: Si hay una fuerza en sentido contrario...
	L56	E: Disminuye.
	L57	D1: Está disminuyendo, ¿vale?
Ep6 IP SP19	L58	D1: Entonces, ¿qué pasa con la velocidad?
	L59	E: Aumenta, pero no tan rápido.
	L60	D1: ¿Aumenta, pero no tan rápido?
	L61	E: Mhm.
	L62	D1: Pues si tengo otra fuerza en sentido contrario.
	L63	E: Hasta que la fuerza elástica sea mayor que la..., entonces ya pierde velocidad.
	L64	E: Hasta que es cero.
	L65	D1: Vale, es decir, aquí <i>[Refiriéndose al instante en que se iguala el peso del saltador con la fuerza elástica de la cuerda].</i>

Tal como podemos ver en el diálogo anterior, el progreso de idea del alumnado ocurre desde la idea en la que el alumnado considera que la aceleración del saltador continúa siendo la de la gravedad cuando ya ha empezado a ejercerse sobre el saltador la fuerza elástica de la cuerda. Es posible que esta idea del alumnado se encuentre relacionada a que el alumnado

suele pensar que el movimiento de un cuerpo es determinado por la fuerza cuyo módulo parece ser el más grande en comparación con el de las otras fuerzas que se ejercen sobre dicho cuerpo (Demirci, 2005). En este caso, debido a que el saltador continúa con su movimiento de descenso, el alumnado puede pensar que el peso del saltador continúa siendo la única fuerza que determina cómo se mueve el saltador. Además, esta idea puede encontrarse relacionada con una comprensión poco acabada de La Segunda Ley de Newton (Liu & Fang, 2016). De hecho, el progreso de la idea del alumnado se relaciona con una comprensión más exhaustiva de que la aceleración del cuerpo depende de la fuerza neta ejercida sobre el cuerpo, y no sólo de la fuerza que parece tener un mayor módulo.

A continuación, presentamos parte de otro diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la sub tipología de progreso de idea del alumnado Mag-A.

Ep15 PC EV19	L23	D1: Ahora que pueden ver mejor su gráfica y pueden ver también el diagrama de fuerzas que han hecho al principio, ¿qué va más rápido? ¿la ida o la vuelta?
	L24	E: La ida.
	L25	D1: La ida.
	L26	D1: Y ¿por qué? Mirando el gráfico de fuerzas, ¿alguno se le ha ocurrido por qué es más rápida?
	L27	E: Porque tiene un impulso, en plan...
	L28	D1: Tiene un impulso.
	L29	E: Que le da una aceleración... un chute.
	L30	D1: Sí, es cierto, la goma hace una fuerza.
Ep15 PC EV19	L75	E: A la ida.
	L76	D1: A la ida.
	L77	D1: A la ida tengo dos fuerzas que se suman, por tanto, la fuerza resultante será más grande que aquí, porque aquí se están contrarrestando, ¿no?, ¿sí?
	L78	E: Sí.
	L79	D1: ¿Lo ven, que la fuerza resultante de la ida es más grande?, por tanto, por este preciso motivo la ida tira más, es más rápida, porque tengo dos fuerzas que se están sumando para tirar hacia atrás el coche. Por esto es más rápido, por esto necesita menos tiempo, después necesita más, porque, claro, tiene dos fuerzas opuestas, en sentidos opuestos, y esto lo ven en su gráfica, ven que esta parte1 de aquí va más rápida, y después la vuelta le cuesta más, ¿vale?, ¿sí?

Tal como podemos ver en el diálogo anterior, el progreso de la idea del alumnado ocurre desde la idea en la que el alumnado piensa que el movimiento de ida del coche es más rápido

que el de regreso, ya que en el movimiento de ida el coche es provocado por el impulso que le otorga la goma elástica, mientras que el regreso ocurre debido a la masa que cuelga. Tal como hemos visto previamente, esta idea puede encontrarse relacionada a que el alumnado parece pensar que la velocidad de un cuerpo es proporcional a la fuerza que se ejerce sobre dicho cuerpo. De esta forma, al impulsar el coche a través de la goma, la que otorga una gran aceleración el coche en un breve periodo de tiempo (en comparación a la aceleración en el sentido de movimiento que otorga la masa que cuelga al coche en el movimiento de regreso), el alumnado parece pensar que el coche realiza el movimiento de ida es más rápido que el de regreso. Además, el alumnado suele pensar que la fuerza es activa, en el sentido de que la fuerza ejercida por la goma es llevada por el coche, permitiendo así el movimiento de ida (Demirci, 2005). Posteriormente, el alumnado parece comprender que el tiempo en que el coche realiza la ida y el regreso es independiente de la fuerza que fue ejercida en el coche a través de la goma, y que dicho tiempo depende de las respectivas aceleraciones provocadas por las fuerzas que son ejercidas sobre el coche luego de que éste se ha desprendido de la goma.

6.2.2.3. Progreso en el razonamiento con respecto a la relación entre velocidad y aceleración (Mag-VyA).

En esta tipología de progreso de idea, en un principio el alumnado asigna una relación errónea entre la velocidad y aceleración de un cuerpo, que posteriormente revisa y resuelve en algún momento del taller. Hemos identificado que el alumnado pasa de pensar que el cambio de módulo de velocidad es directamente proporcional al cambio de módulo de aceleración (una disminución de la velocidad es proporcional a la disminución de la aceleración, y viceversa),

a pensar que la disminución del módulo de la velocidad es debido a una aceleración en sentido contrario al movimiento. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.g.



Fig. 6.2.g. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología Mag-VyA.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la sub tipología de progreso de idea del alumnado Mag-VyA.

[El alumnado describe cómo es la aceleración del saltador luego de que este supera el instante de equilibrio de fuerzas, y entra en el intervalo en que el módulo de la fuerza elástica de la cuerda comienza a ser mayor que el módulo del peso del saltador].

L44 D1: ¿Hacia dónde va la aceleración? [Refiriéndose al sentido vertical que posee la aceleración del saltador].

L45 E: Hacia arriba... Entonces es positiva.

L46 E: Entonces es positiva.

Ep5 L47 E: Entonces es positiva [Refiriéndose al signo algebraico que define el sentido de la aceleración del saltador otorgado por el sistema de referencia elegido por el grupo de estudiantes].

IP

SP19 L48 D1: Positiva.

L49 D1: Porque ustedes dicen que hacia abajo es negativo.

L50 E: Sí.

L51 E: Lo sé.

L52 D1: Pero, ¿qué está haciendo la aceleración? ¿Está aumentando? ¿Está disminuyendo?

L53 E: Está... disminuyendo.

[Posteriormente, el alumnado entiende que el módulo de la aceleración del saltador aumenta a pesar de que el módulo de su velocidad comienza a disminuir].

Ep5 IP SP19	L80	E: En un principio aumenta...
	L81	D1: ¿En un principio aumenta? [<i>Refiriéndose a la aceleración del saltador</i>].
	L82	E: Porque de cero debe pasar a algún valor.
	L83	D1: Claro, estaba con aceleración cero.

Tal como podemos ver en el diálogo anterior, el progreso desde la idea del alumnado ocurre desde que el alumnado considera que el módulo de la aceleración del saltador disminuye luego de que éste pasa por la posición de equilibrio de fuerzas. Esta idea puede relacionarse a lo que ya han documentado Trowbridge y McDermott (1980), y Bayraktar (2007). Es decir, que el alumnado parece pensar que la velocidad no se diferencia de la aceleración, y, de esta manera, una mayor (menor) velocidad implica una mayor (menor) aceleración, respectivamente. Al igual que en los progresos de ideas anteriores, el progreso de la idea del alumnado parece relacionarse con una mejor comprensión de La Segunda Ley de Newton (Liu & Fang, 2016). De hecho, el progreso de la idea del alumnado se relaciona con una comprensión más acabada de que el módulo de la aceleración del cuerpo aumenta en el sentido contrario al movimiento de dicho cuerpo, debido al aumento del módulo de la fuerza que es contraria al sentido de movimiento.

6.2.3. Respecto a la conceptualización de fuerza e interacción (F).

Del mismo modo que hemos agrupado los progresos de ideas del alumnado respecto a la interpretación del movimiento y respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas y dinámicas, un tercer bloque de progresos de ideas del alumnado se relaciona con la conceptualización de fuerza. Para ellos, hemos organizado estos progresos de ideas del alumnado siguiendo la lógica de las Tres Leyes de Newton.

6.2.3.1. Progreso en la conceptualización de la Primera Ley de Newton (F-1).

Esta tipología de progreso de idea del alumnado ha surgido debido a que algunos estudiantes empiezan el taller con idea aristotélica que las fuerzas se portan; o que el movimiento de un cuerpo implica que actúa una fuerza sobre dicho cuerpo en el sentido de movimiento; o que si un cuerpo tiene una velocidad hay una fuerza que es ejercida en el sentido de movimiento sobre dicho cuerpo. En muchos casos vemos que el alumnado, a lo largo del taller, pasa a pensar que las fuerzas se ejercen; o que el movimiento de un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza en el sentido de movimiento es debido a su inercia, y que, por lo tanto, **el movimiento de un cuerpo no requiere de una fuerza que se ejerza sobre él**, tal como dice la Primera Ley de Newton. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres EV, debido a que en estos talleres el alumnado trabaja con un coche que realiza un movimiento hacia adelante sin que haya una fuerza en ese sentido de movimiento (fig. 6.2.h).



Fig. 6.2.h. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología F-1.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la sub tipología de progreso de idea del alumnado F-1.

Ep8 PC EV20	L41	<i>[El alumnado ha mencionado aquellas fuerzas a través de las que han descrito y/o explicado el movimiento de frenada del coche. Un grupo de estudiantes piensa que el coche avanza debido a una fuerza que lleva el coche en el sentido del movimiento].</i> D2: ¿Y esta fuerza aplicada? ¿hay otro grupo que la haya considerado?
	L46	<i>[Luego, el alumnado entiende que el coche no lleva una fuerza en el sentido de movimiento durante la frenada, sino que lleva una velocidad cuyo módulo va disminuyendo debido a la fuerza que ejerce la masa que cuelga y la fuerza de roce, que son contrarias al sentido de movimiento del coche].</i> D2: Claro.
Ep8 PC EV20	L47	D2: Es un poco como cuando una persona salta en un trampolín. En el momento en que te despegas del trampolín, la fuerza que le aplica el trampolín, no se aplica.
	L48	D2: O, por ejemplo, si tuviésemos un carril infinito y sin rozamiento, si empujara el coche tal como lo empuja la goma en el primer instante, ¿el coche frenaría en algún momento?
	L49	E: No.
	L50	D2: No. El coche seguiría avanzando más y más.
	L51	D2: Entonces, ¿la fuerza que le ha ejercido la goma en un principio estaría acompañando todo el rato al vehículo?
	L52	E: No.
	L53	D2: No.
L54	D2: De hecho, esto no sería como en Star Wars, cuando se dice <i>que la fuerza te acompañe</i> . Las fuerzas se ejercen, pero no acompañan.	

Tal como podemos ver en los diálogos anteriores, los progresos de ideas del alumnado ocurren desde ideas en las que consideran que el movimiento de un cuerpo ocurre debido a una fuerza que es ejercida durante el movimiento de dicho cuerpo. De hecho, el alumnado alude explícitamente a una “*fuerza aplicada*”. Es decir, el alumnado suele tener una idea aristotélica de fuerza, a través de la que consideran que un cuerpo que se mantiene en movimiento necesariamente lleva una fuerza (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Driver, 1986; Garcia-Lladó, 2019; Liu & Fang, 2016; Viennot, 1978). Tal como explica Viennot (1978), esto puede ser debido a que el alumnado suele considerar esta explicación cuando el movimiento de un cuerpo parece ser incompatible con la (verdadera) fuerza resultante que se ejerce sobre dicho cuerpo. Por ejemplo, cuando un coche se mueve en cierto sentido (realizando el movimiento de frenada), a pesar de que las fuerzas que se ejercen en la

dirección de movimiento son contrarias a su sentido de movimiento, el alumnado piensa que el coche debe tener una fuerza hacia adelante. Posteriormente, el progreso de la idea del alumnado parece relacionarse con una mejor comprensión de que un cuerpo puede moverse sin necesidad de que se ejerza una fuerza sobre el cuerpo en el sentido de movimiento de dicho cuerpo. El docente menciona el ejemplo del trampolín, a través del que pretende destacar la idea de que el movimiento de un cuerpo no implica que una fuerza se ejerza en el mismo sentido de movimiento de dicho cuerpo. Es más, dicho cuerpo puede continuar moviéndose en el mismo sentido a pesar de que la fuerza resultante que se ejerce sobre el cuerpo sea en contra del sentido de movimiento.

A continuación, presentamos parte de otro diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la sub tipología de progreso de idea del alumnado F-1.

		<i>[El alumnado menciona que el coche lleva una fuerza en el sentido de movimiento que le permite realizar su movimiento de frenada. A esta fuerza incluso le llega a llamar la fuerza de la velocidad].</i>
Ep15 PC EV19	L46	D1: Vamos a ver el eje horizontal a la ida <i>[Señalando el dibujo y moviendo la mano en el sentido que se mueve el coche]</i> , que representa que el vehículo está en marcha y se está moviendo en esta dirección <i>[Señalando en la pizarra el diagrama que representa la ida del coche y el sentido en el que éste se mueve]</i> ¿Están todos de acuerdo con estas flechas, con estas fuerzas que han puesto sus otros compañeros? <i>[Señalando las fuerzas en el diagrama de ida del coche]</i> ¿Alguno ha puesto algo diferente?
	L47	E: No.
	L48	D1: ¿Alguno ha puesto cosas diferentes?
	L49	E: La de velocidad.
	L50	D1: La de la velocidad, ¿cuál es la fuerza de la velocidad?
	L51	E: La fuerza 1.
Ep15 PC EV19	L167	<i>[Posteriormente, el alumnado entiende que el coche no lleva una fuerza para realizar su movimiento de frenada, sino que lleva una velocidad que es resultado del impulso que le otorgó la goma elástica].</i> D1: Por lo tanto, aquí la duda es, ¿se ha quedado aquí la fuerza o qué tiene aquí para tirar el coche hacia adelante?
	L168	E: La velocidad.
	L169	D1: La velocidad, ¿vale?,
	L170	D1: En el coche no se queda la fuerza, la fuerza se hace, ¿vale?, las fuerzas se hacen, ¿vale? Es decir, en este caso, la fuerza la han hecho con la goma <i>[Toma el coche del montaje y la goma]</i> y ya no han hecho ninguna otra fuerza <i>[Separando las manos]</i> , lo que no se ha acabado es la inercia, la velocidad inicial que nosotros le hemos donado, ¿vale?

L171 D1: Si no hubiera ninguna otra fuerza, si nosotros lo hubiéramos puesto en El Espacio, con que no haya otra fuerza que lo haga parar, si no hay ningún obstáculo, el coche seguiría.

Tal como podemos ver en los diálogos anteriores, los progresos de ideas del alumnado ocurren desde ideas en las que consideran que el movimiento de un cuerpo ocurre debido a una fuerza activa relacionada con la velocidad, la cual permite que dicho cuerpo continúe en movimiento (Liu & Fang, 2016). De hecho, el alumnado alude explícitamente a una “*fuerza de la velocidad*”. Posteriormente, el progreso de la idea del alumnado parece relacionarse con una mejor comprensión de que un cuerpo puede moverse sin necesidad de que se ejerza una fuerza en el sentido de movimiento del cuerpo, y que, en realidad, un cuerpo puede continuar su movimiento, a pesar de que no se ejerzan fuerzas en el sentido de movimiento, debido a la inercia de dicho cuerpo.

6.2.3.2. Progreso en la conceptualización de la Segunda Ley de Newton (F-2)

Esta tipología de progreso de idea del alumnado ha surgido debido a que hemos identificado que el alumnado, en un principio, expresa que la aceleración de un cuerpo depende de una sola fuerza que se ejerce sobre dicho cuerpo, ya sea porque hay una fuerza más importante que las otras, o porque hay una fuerza que se aplica después de las otras. Es decir, **no relaciona la aceleración de un cuerpo con la fuerza resultante que se ejerce sobre él** (tal como se expresa en la Segunda Ley de Newton). En cambio, a medida que avanza el taller, el alumnado parece pensar que la aceleración es la razón con la que cambia la velocidad de un cuerpo, y es provocada por una fuerza resultante que se ejerce sobre dicho cuerpo; o que la aceleración de un cuerpo depende de las fuerzas que se ejerzan sobre dicho cuerpo.

Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.i.



Fig. 6.2.i. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología F-2.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado F-2.

		<i>[Luego de que el alumnado ha entendido que en el intervalo comprendido entre los instantes en que la cuerda alcanza su longitud natural y el módulo del peso del saltador se iguala con el módulo de la fuerza elástica de la cuerda, el módulo de la fuerza elástica de la cuerda es menor que el peso del saltador, el alumnado piensa que el sentido de la aceleración del saltador es contraria al sentido de descenso del saltador].</i>	
Ep7 IP SP20	L50	D2:	Entonces, ¿cómo es la aceleración?
	L51	E:	Contraria al peso.
	L52	D2:	En el primer tramo, la aceleración es constante, es la de la gravedad, en el sentido de descenso del saltador <i>[Mientras recorre al montaje experimental para mostrar este tramo lentamente]</i> .
	L53	D2:	Cuando aparece la tensión, ¿cómo es la aceleración?
	L54	E:	Contraria al peso.
		<i>[Posteriormente, el alumnado entiende que la aceleración del saltador disminuye, mas no cambia su sentido].</i>	
Ep7 IP SP20	L62	E:	No, la aceleración va disminuyendo mientras la tensión se haga cada vez más grande, hasta cuando esta empieza a ser más grande que el peso.
	L63	D2:	Antes de pasar al momento en que la tensión es más grande que el peso, la aceleración, que venía siendo la gravedad, ¿cómo es la aceleración en este tramo?
	L64	E:	Es menor.
	L65	D2:	Y que sea menor, ¿implica que la fuerza resultante sea contraria al sentido de descenso?
	L66	E:	No.

Tal como podemos ver en el diálogo anterior, el progreso de idea del alumnado ocurre desde la idea en la que consideran que el sentido de la aceleración de un cuerpo cambia debido a una fuerza que es contraria al sentido de movimiento de dicho cuerpo, cuyo módulo es menor a la fuerza que se ejerce en el actual sentido de movimiento de dicho cuerpo. Es posible que esta idea se encuentre relacionada a que el alumnado suele pensar que el movimiento de un cuerpo es determinado por la última fuerza que se ha ejercido sobre dicho cuerpo (Demirci, 2005). Además, en situaciones similares al diálogo previamente presentado, el alumnado piensa que el saltador comienza a reducir su velocidad cuando la fuerza elástica de la cuerda apenas empieza a ejercerse sobre el saltador, la cual contrarresta el peso de éste. Esta idea puede ser motivada debido a que el alumnado acostumbra considerar que la fuerza tiene una relación directa con velocidad (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Liu & Fang, 2016). Posteriormente, las ideas del alumnado progresan hacia la idea en la que piensan que la aceleración del saltador, que venía siendo la de la gravedad, no cambia de sentido debido a la aceleración provocada por la fuerza elástica de la cuerda, cuyo módulo es menor al del peso del saltador. Además, parecen entender que la aceleración del saltador, que es actualmente en el sentido de movimiento, irá disminuyendo (en módulo) hasta alcanzar la posición de equilibrio de fuerzas entre el peso del saltador y la fuerza elástica de la cuerda.

6.2.3.3. Progreso en la conceptualización de la Tercera Ley de Newton (F-3).

Esta tipología de progreso de idea del alumnado ha surgido debido a que, en un principio, el alumnado piensa que **la fuerza normal y el peso son fuerzas de acción y reacción, expresando una conceptualización errónea de la Tercera Ley de Newton**. Más tarde, el

alumnado parece pensar que la fuerza normal ejercida sobre un cuerpo es una fuerza perpendicular a la superficie que ejerce dicha superficie sobre dicho cuerpo que no tiene ninguna con la fuerza par del peso. Concretamente, este progreso de idea del alumnado ha sido identificado en los talleres y episodios de los talleres REVIR de la siguiente figura 6.2.j.



Fig. 6.2.j. Momentos de los talleres REVIR en los que progresan las ideas del alumnado de acuerdo a la tipología F-3.

A continuación, presentamos parte de un diálogo entre el alumnado y un docente en el que apreciamos la tipología de progreso de idea del alumnado F-3.

[La docente aclara la definición de fuerza normal para el alumnado. Sin embargo, ante la aclaración de la docente, el alumnado menciona que la fuerza normal y el peso son fuerzas de acción y reacción].

Ep12 IP EV19

L16 D1: La fuerza normal es la que hace un, por ejemplo, yo estoy sobre La Tierra, y tengo un peso, pero como estoy, digamos, ejerciendo una fuerza sobre la tierra, la tierra también me ejerce una fuerza a mí, porque yo no sigo hacia abajo.

L17 E: Esto es acción y reacción, ¿cierto?

L18 D1: Eso lo hablaremos luego.

L19 D1: Pero lo importante es que sepan que La Tierra también me hace una fuerza a mí para aguantarme.

L20 E: Sí.

L21 D1: ¿Sí?, entonces la fuerza normal es hacia arriba.

Ep15 PC EV19

L35 D1: Vale, ya lo comentaremos ahora, veremos si todos han puesto las mismas cosas. Veamos. Comencemos por eje vertical que creo que más o menos hay bastante consenso [Señalando en la pizarra las fuerzas de los respectivos diagramas que han sido dibujados en la pizarra] En el eje vertical, ¿Todos han dibujado las mismas fuerzas?

L36	E: Sí.
L37	D1: ¿A la ida y la vuelta?
L38	E: Sí.
L39	D1: ¿Sí? ¿han puesto el peso? [<i>Señala el peso</i>].
L40	E: Sí.
L41	D1: ¿Sí? ¿y la normal? [<i>Señala la normal</i>].
L42	E: Sí.
L43	D1: ¿Todos igual?
L44	E: Sí.
L45	D1: Todos claros hasta aquí. Vale.

Tal como podemos ver en el diálogo anterior, la idea del alumnado no parece progresar en la instancia de interacción en pequeño grupo. A pesar de que la docente aclara qué es la fuerza normal, el alumnado parece continuar pensando que esta es la fuerza de reacción al peso del coche. De hecho, Mongan, Mondolang, y Poluakan (2020) han destacado que esta es una idea persistente, y que, además, las ideas alternativas del alumnado relacionadas a la dinámica suelen involucrar los conceptos de gravedad, fuerza normal, y La Tercera Ley de Newton. Estas ideas, además de surgir por una falta de comprensión de estos conceptos, también suelen surgir por una comprensión poco acabada del concepto de fuerza. Posteriormente, en la puesta en común, a pesar de no ser explícito, pareciera que el alumnado ha logrado, en primer lugar, recordar que la fuerza normal siempre está presente cuando hay una superficie interactuando con un cuerpo, y que ésta, en conjunto con el peso, no son fuerzas de acción y reacción.

6.3. ¿Cómo es la relación entre los progresos de ideas del alumnado y el encadenamiento de prácticas de modelización?

Teniendo en consideración las tipologías de progresos de ideas del alumnado (sub apartado 6.2) y las tipologías de encadenamientos de prácticas de modelización (sub apartado 6.1.2), podemos expresar algunas relaciones entre ambas categorías. Para ellos hemos elaborado la figura la figura 6.3.a, que es resultado de la composición de las cuatro figuras que sitúan los encadenamientos de prácticas de modelización (fig. 6.1.b, 6.1.c, 6.1.d, 6.1.e) con las diez figuras que sitúan las diez tipologías de progresos de las ideas del alumnado (fig. 6.2.a, fig. 6.2.b, ..., fig. 6.2.j), que presentamos a continuación. Como complemento de lo anterior, en la tabla 6.3.a podemos identificar en qué encadenamientos de prácticas de modelización ocurren los progresos de ideas del alumnado.

Así, a partir de la figura 6.3.a hemos podido identificar algunas regularidades relacionadas a los encadenamientos de modelización en los que participa el alumnado, y el progreso de sus ideas. En primer lugar, observamos que el grueso de los progresos de ideas del alumnado suelen ocurrir durante los encadenamientos ExER. Esto resuena con lo destacado con la literatura (Rea-Ramirez et al., 2008). No obstante, pareciera que los encadenamientos Ex, ExE, y (Ex)R también logran mediar el progreso de las ideas del alumnado, ya que en la figura 6.3.a y en la tabla 6.3.a, se observan una cantidad sustancial se progresos en las ideas del alumnado que surgen o que se concretan en dichos encadenamientos. De hecho, los encadenamientos Ex o ExE suelen ser la antesala del progreso de la idea que surge en dichos encadenamientos.



Figura 6.3.a. Relación entre los progresos de ideas del alumnado y su participación en encadenamientos de modelización.

Llegados a este punto, sería necesario profundizar en cómo son las estrategias discursivas que utiliza el profesorado para promover los progresos de ideas, pero para ello antes será necesario adentrarnos en la concreción de los actos comunicativos de dichos docentes. Para ello, a continuación nos adentramos en el Estudio 2, para posteriormente recuperar la relación entre encadenamientos de prácticas de modelización y progresos de ideas del alumnado, añadiéndole el análisis de los actos comunicativos del discurso docente. Esta relación se discutirá en el capítulo 9.

Tabla 6.3.a. Frecuencias de tipologías de progresos de ideas del alumnado durante las respectivas tipologías de encadenamientos de prácticas de modelización.

Familias de tipologías de progresos en las ideas del alumnado.	Tipologías de progresos de ideas en las ideas alumnado.	Fases de la instrucción y episodios en los que se encuentran presentes los encadenamientos de prácticas de modelización			
		Ex	ExE	ExER	(Ex)R
Respecto a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento (Mov).	Progreso en la interpretación del sentido del sistema de referencia (Mov-SR).	0	0	4	1
	Progreso en la interpretación del origen del movimiento (Mov-Ori).	0	1	1	1
	Progreso en la interpretación de los puntos de inflexión (Mov-Infl).	0	1	2	2
	Progreso en la interpretación de la pendiente (Mov-Pend).	0	0	2	0
Respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas (velocidad y aceleración) (Mag).	Progreso en el razonamiento con respecto a la velocidad (Mag-V).	1	0	1	1
	Progreso en la conceptualización del sentido de la aceleración (Mag-A).	2	0	2	3
	Progreso en el razonamiento con respecto a la relación entre velocidad y aceleración (Mag-VyA).	0	0	3	0
Respecto a la conceptualización de fuerza e interacción (F).	Progreso en la conceptualización de la Primera Ley de Newton (F-1).	0	2	3	2
	Progreso en la conceptualización de la Segunda Ley de Newton (F-2).	0	0	5	0
	Progreso en la conceptualización de la Tercera Ley de Newton (F-3).	0	0	2	1

Estudio 2: Caracterización del discurso
docente en el contexto de talleres
experimentales centrados en la
modelización.



Capítulo 7: Metodología para el análisis del discurso docente.



A continuación, en el apartado 7.1. presentamos cómo ha sido el proceso para obtener el sistema de categorías que nos ha permitido categorizar los enunciados del discurso docente. En sus sub apartados presentamos la manera en que hemos obtenido las primeras categorías que nos han permitido categorizar el discurso docente; cómo las hemos refinado; y luego cómo hemos realizado la prueba de fiabilidad entre investigadoras e investigadores. Posteriormente, en el apartado 7.2. presentamos cómo hemos utilizado dichas categorías para analizar el discurso docente desde la estadística descriptiva e inferencial. En sus sub apartados presentamos la manera en que hemos categorizado los enunciados del discurso docente; cómo hemos contado los enunciados categorizados con las categorías obtenidas de aplicar la metodología del apartado 7.1.; y luego cómo hemos utilizado dichos recuentos para realizar análisis derivados de la estadística inferencial.

7.1. Estrategia de análisis de datos para la categorización del discurso docente.

El objetivo principal del Estudio 2 es categorizar y caracterizar el discurso docente en el contexto de talleres REVIR. Por esto, a lo largo de los siguientes sub apartados, explicamos cómo ha sido el proceso de categorización del discurso docente, que ha seguido un enfoque analítico deductivo-inductivo. Desde el enfoque inductivo, nos hemos inspirado en el construct development cycle (Miles & Huberman, 1994), por medio del que hemos obtenido las primeras categorizaciones de los enunciados que conforman el discurso docente (análisis exploratorio). Posteriormente, se ha refinado sistema de categorías a través de categorías propuestas en la literatura, su triangulación y, finalmente, la categorización sistemática del conjunto de datos.

7.1.1. Análisis exploratorio con ATLAS.ti.

Tal como hemos mencionado en el capítulo 4, para analizar el discurso docente nos hemos basado en el marco para el análisis del discurso de aula destacado por Hennessy et al. (2020). Así, el análisis exploratorio se ha centrado en una primera propuesta de un sistema de categorías que nos permitiera categorizar los actos comunicativos a través de tres grandes familias de actos comunicativos:

- Aportar
- Solicitar
- Recuperar

Desde nuestra interpretación de las interacciones entre alumnado y docente, empezamos a observar que existían diferentes enunciados del discurso docente que fomentaban diferentes acciones en el alumnado (por ejemplo, explicar, predecir, comparar...), lo que nos permitió ir desarrollando nuestro sistema de categorías. Para ello, usamos la herramienta de análisis cualitativo ATLAS.ti (versión 8.4.15). Luego de haber transcrito los datos en los documentos de texto, incorporamos dichos documentos en un proyecto de ATLAS.ti. De esta forma, por cada taller que hemos transcrito, hemos obtenido un documento en ATLAS.ti, cuyos respectivos enunciados de discurso docente han sido posteriormente categorizados a través de la función asignar códigos del programa ATLAS.ti.

Con respecto a dichas categorizaciones, en primera instancia, hemos creado códigos en el proyecto ATLAS.ti. Posteriormente, hemos ido reemplazando los nombres y la definición de códigos a medida que se iba refinando el sistema de categorías. En la figura 7.1.a es posible ver parte de un documento de ATLAS.ti, correspondiente a parte de la transcripción del taller EV20, cuyos enunciados han sido categorizados por los códigos de ATLAS.ti.

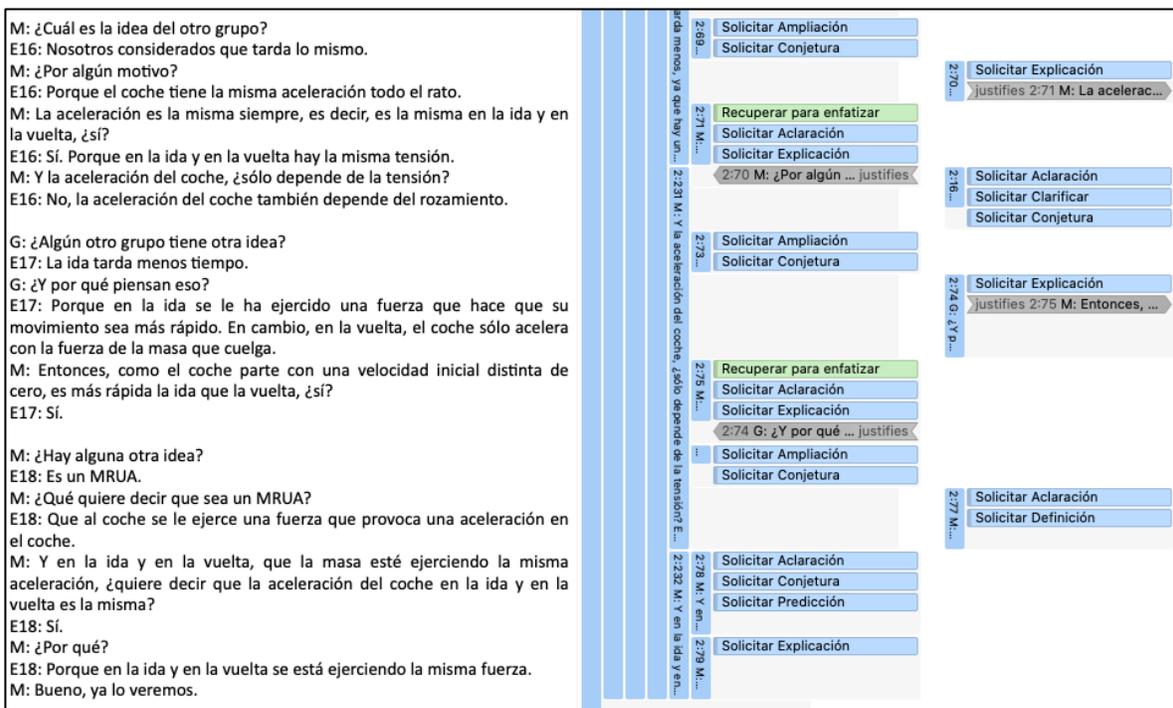


Fig. 7.1.a. Enunciados del discurso docente del taller EV20 categorizados a través de categorías que han surgido del análisis de refinamiento en una sección de un documento en el programa ATLAS.ti.

7.1.2. Refinamiento del análisis.

En paralelo a que íbamos definiendo un sistema de categorías a través de ATLAS.ti, se fue realizando una revisión de categorías provenientes desde la literatura que han coincidido total o parcialmente con aquellas tipologías propuestas en la fase de análisis exploratorio, y otras que no habíamos considerado hasta el momento. Así, desde el enfoque deductivo de investigación, nos hemos basado en propuestas de categorización del discurso docente, tales como: la clasificación de los mecanismos de influencia didáctica (Garrido-Espeja, 2016), las categorías de análisis del objetivo o demanda de la pregunta (Roca et al., 2013), la clasificación de estrategias del ciclo ESRU (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), la clasificación de estrategias de enseñanza microcognitivas y macrocognitivas para el discussion-leading (Williams & Clement, 2015), esquema de análisis de diálogo educativo (Hennessy et al.,

2016), la progresión de preguntas en un aula con un enfoque basado en la indagación (Kawalkar & Vijapurkar, 2013), algunos de los sistemas de categorías destacados por Hennessy et al. (2020), y las formas de intervención pedagógica (Scott, 1998). Así mismo, al igual que las tipologías de acto comunicativo, las familias de actos comunicativos son resultado de un enfoque analítico deductivo-inductivo. Nos hemos basado en sistemas de categorías como el de Williams y Clement (2015), Ruiz-Primo y Furtak (2007), Kawalkar y Vijapurkar (2013), y algunos de los sistemas de categorías destacados por Hennessy et al. (2020) para proponer los actos comunicativos que permiten organizar las respectivas tipologías. Además, tal como menciona Hennessy et al. (2020), esta organización de categorías, al igual que las tipologías que se agrupan en cada una de ellas, permiten la categorización del discurso del profesorado.

Posteriormente, con esta versión exploratoria de actos comunicativos y sus respectivas tipologías, a través del programa Excel hemos desarrollado listas desplegables dependientes. La primera de estas listas desplegables contiene las familias de actos comunicativos (fig. 7.1.c), y la segunda lista desplegable, que depende de la anterior, contiene a las tipologías de actos comunicativo (7.1.d). A través de las familias y sus respectivas tipologías hemos categorizado los enunciados que conforman el discurso docente.

El texto de los documentos de texto que habían sido transcritos a través del software Microsoft Word, los hemos copiado, y posteriormente, pegado en las hojas de cálculo de Excel, de tal manera que la transcripción cada uno de los talleres REVIR (SP19, EV19, SP20 y EV20) quedara en hojas distintas. Además, tal como es posible ver en la figura 7.1.b, la transcripción de cada enunciado que conforma el discurso de aula, conformado por el

discurso docente y los enunciados del alumnado, se correspondía con una fila de la respectiva hoja.

M: Entonces, ¿cuál es el siguiente punto que han dibujado ustedes?
EX: Cuando la cuerda está en su longitud natural.
M: Exacto, cuando la cuerda está en su longitud natural.
M: Sí, ¿no?, es decir, desde este punto, estamos aquí [Tomando la cuerda, el pote y la canica para mostrar dicho momento en que la cuerda posee la longitud natural] el saltador justo comienza a saltar, y entonces llega a este momento, que es la longitud natural.
M: Aquí, ¿cuáles fuerzas están actuando en este momento? Aquí aún no estoy estirando.
EX: Sólo el peso.
M: Sólo actúa la fuerza del peso, vale.
M: Por tanto, ¿cuál aceleración tiene este saltador en este momento? [Refiriéndose al momento en que el saltador acaba de saltar] .
EX: 9,8.
M: 9,8 que es la gravedad, ¿vale?
M: ¿Y qué está haciendo en este momento, en este punto de aquí la velocidad? [Señalando en el dibujo de la pizarra el momento en que el saltador acaba de saltar] ¿está aumentando o disminuyendo? [Refiriéndose al momento en que el saltador acaba de saltar] .
EX: Está aumentando.
M: Está aumentando, ¿vale?
M: Y aquí [Señalando en el diagrama el momento en que el saltador acaba de saltar] , sus compañeros, no sé si lo han puesto, lo del signo. Bueno, la velocidad es hacia abajo y sigue aumentando, vale.
M: Y en este punto [Señalando en el diagrama el momento en que la cuerda alcanza su longitud natural] ... ¿qué pasa en este momento? ¿qué han dicho que pasa aquí? El saltador, ¿no?, estaba en la longitud natural de la cuerda, pero ¿qué pasa un instante después? ¿qué aparece? [Tomando la cuerda, el pote y la canica para mostrar dicho momento en que la cuerda posee la longitud natural] .
EX: La tensión.
EX: La fuerza elástica.
M: La fuerza elástica, ¿no?
M: Por tanto, ¿qué fuerzas actúan en este momento?
EX: La fuerza elástica y el peso.
M: La fuerza elástica, en sentido hacia arriba, y el peso del saltador [Señalando en el diagrama de fuerzas dibujado en la pizarra ambas fuerzas y poniendo énfasis en el sentido de ambas] .

Fig. 7.1.b. Parte del discurso de aula del taller SP19 transcrito en una hoja de cálculo de Excel. En color gris, los enunciados del discurso docente, y en color blanco, los enunciados del alumnado.

Luego, para la categorización de los enunciados que conforman el discurso docente, hemos realizado listas desplegables dependientes, de tal manera que las tipologías de actos comunicativos disponibles para categorizar los enunciados que conforman el discurso docente dependieran de las familias de actos comunicativos (fig. 7.1.c). y sus tipologías (fig. 7.1.d).

17	Solicitar	Sol-Des (int)	11	M: ¿Y qué está haciendo en este momento, en este punto de aquí la velocidad? [Señalando en el dibujo de la pizarra el momento en que el saltador acaba de saltar] ¿está aumentando o disminuyendo? [Refiriéndose al momento en que el saltador acaba de saltar].
	Solicitar		12	EX: Está aumentando.
	Revoice	Rev-Rcon	13	M: Está aumentando, ¿vale?
20	Aportar	Ap-Des (int)	14	M: Y aquí [Señalando en el diagrama el momento en que el saltador acaba de saltar], sus compañeros, no sé si lo han puesto lo del signo. Bueno, la velocidad es hacia abajo y sigue aumentando, vale.
	Ninguno anterior			

Fig. 7.1.c. Valores de la lista desplegable correspondiente a las familias de actos comunicativos.

17	Solicitar	Sol-Des (int)	11	M: ¿Y qué está haciendo en este momento, en este punto de aquí la velocidad? [Señalando en el dibujo de la pizarra el momento en que el saltador acaba de saltar] ¿está aumentando o disminuyendo? [Refiriéndose al momento en que el saltador acaba de saltar].
18		Sol-Des (fen)	12	EX: Está aumentando.
19	Revoice	Sol-Des (evi)	13	M: Está aumentando, ¿vale?
20	Aportar	Sol-Pred	14	M: Y aquí [Señalando en el diagrama el momento en que el saltador acaba de saltar], sus compañeros, no sé si lo han puesto lo del signo. Bueno, la velocidad es hacia abajo y sigue aumentando, vale.
		Sol-Exp		
		Sol-Acla		
		Sol-Amp		
		Ninguno anterior		

Fig. 7.1.d. Valores de la lista desplegable correspondiente a las tipologías de actos comunicativos.

7.1.3. Triangulación de las categorías (taller SP19).

Continuando con el proceso de análisis, luego de definir los actos comunicativos y las respectivas tipologías de acto comunicativo, hemos analizado los datos de uno de los cuatro talleres REVIR (SP19). De esta manera, hemos puesto a prueba las tipologías y los actos comunicativos para categorizar los enunciados que conforman el discurso docente. Cabe volver a destacar que hay ocasiones en que los turnos de la docente son conformados por sólo un enunciado, y hay otros momentos en los que el turno de la docente puede ser dividido en más de un enunciado. De esta forma, un turno de la docente puede ser categorizado por más de un acto comunicativo y su respectiva tipología (Hennessy et al., 2016).

Luego de utilizar el sistema de categorías para categorizar los enunciados que conforman el discurso docente del taller SP19, hemos considerado que el sistema de categorías cumplía con la prueba de validez (Cohen et al., 2007). Es decir, los actos comunicativos y las tipologías de acto comunicativo han sido efectivas para categorizar la acción que realizaba

el profesorado a través de su discurso, y por otro, han sido efectivas para categorizar la agencia que promovían en el alumnado (o docente). Además, la validez de dichas categorías ha sido respaldada por investigadores expertos que han sido activos partícipes del análisis de datos y de la construcción de un sistema de categorías basado en la literatura y en el mismo contexto de los talleres REVIR.

7.1.4. Análisis sistemático de los talleres REVIR y prueba de fiabilidad del sistema de categorías.

Continuando con el proceso de análisis, hemos analizado el resto de los talleres REVIR (EV19, SP20, y EV20) de igual manera que hemos analizado el taller SP19. De esta manera hemos obtenidos algunos primeros resultados que nos han permitido ir intuyendo hacia dónde van las respuestas a las preguntas del Estudio 1.

Cabe destacar que al menos el 92% de los enunciados que conforman el discurso docente en los REVIR son categorizados por tipologías de actos comunicativo. Es decir, casi la totalidad del discurso docente en los talleres REVIR que hemos podido registrar parece favorecer el desarrollo de una cultura de aula en la que la docente aprovecha el poder del diálogo.

Así también, tal como hemos mencionado en el capítulo 4, el sistema de categorías que ha sido conformado por los actos comunicativos, y sus respectivas tipologías, ha tenido que pasar una prueba de fiabilidad. Esto es, poner a prueba que haya una baja incertidumbre cuando dos o más investigadores categorizan los enunciados que conforman el discurso docente. Es decir, se espera que los investigadores categoricen los mismos enunciados a través de las mismas familias de actos comunicativos y sus respectivas tipologías.

Para realizar la prueba de fiabilidad, hemos seleccionado trozos de las transcripciones de los cuatro talleres. Éstos los hemos asignado a cada investigadora involucrada en el desarrollo de esta investigación. Luego, cada investigadora ha categorizado los enunciados que conforman el discurso docente.

En un primer momento, categorizamos los enunciados del discurso docente del taller SP19 de manera simultánea entre el doctorando y los directores de tesis. De esta manera, hemos revisado y consensuado los criterios de categorización.

En un segundo momento, inspirándonos en los criterios de fiabilidad de Cohen et al. (2007) el doctorando, de manera independiente, categorizó los enunciados del discurso docente del taller EV19, y, posteriormente, los directores de tesis revisaron la categorización, obteniendo un grado muy alto de concordancia. De esta forma, discutimos los enunciados del discurso docente en las que no había acuerdo, lo que permitió refinar aún más los criterios de categorización del discurso docente.

Finalmente, el doctorando categorizó los enunciados del discurso docente de los talleres REVIR SP20 y EV20. Además, aunque no se ha realizado una revisión sistemática, durante las discusiones de resultados, hemos compartido y discutido categorizaciones de algunos enunciados que conforman el discurso docente.

7.2. Estrategia de análisis de datos para la caracterización del discurso docente.

Una vez se ha definido el sistema de categorías sobre familias y tipologías de actos comunicativos, y después de que la totalidad de actos comunicativos docentes fueran categorizados de acuerdo con dicho sistema de categorías, se ha llevado a cabo un proceso de caracterización del discurso docente a través del análisis cuantitativo de los actos comunicativos. A continuación, se muestra cómo se hizo el recuento y cómo se llevó a cabo tanto el análisis descriptivo como el inferencial.

7.2.1. Recuento de enunciados del discurso docente categorizados por los actos comunicativos y sus respectivas tipologías.

Debido a que las transcripciones del discurso de aula ahora se encuentran en las hojas de cálculo de Excel, a través de la función de Excel CONTAR.SI(rango; criterio), hemos contado los enunciados del discurso docente categorizados por los actos comunicativos y sus respectivas tipologías. Esta función la hemos realizado de manera independiente para las dos columnas. Es decir, un primer conteo lo hemos realizado considerando como rango la columna en la que hemos categorizado el enunciado del discurso docente según el acto comunicativo, y el criterio ha sido el acto comunicativo (Ej. Solicitar). Mientras que el segundo conteo lo hemos realizado considerando como rango la columna en la que hemos categorizado el enunciado del discurso docente según la tipología de acto comunicativo, y el criterio es definido por las dos o tres primeras letras del respectivo acto comunicativo y, para la mayoría, las primeras

letras la tipología (Ej. Solicitar descripción → Sol-Des, Aportar explicación → Ap-Exp). Esta función la hemos utilizado en una hoja distinta de la transcripción de cada taller, donde el rango de los conteos previamente mencionados ha sido limitado por divisiones (episodios) y sub divisiones (secuencias discursivas) en las transcripciones del discurso de aula que han sido definidas en el Estudio 1. Además, a pesar de estas divisiones y sub divisiones, hemos sumado las frecuencias absolutas de los actos comunicativos, y sus respectivas tipologías, por fases de la instrucción. De esta manera, la frecuencia absoluta total de actos comunicativos, y sus respectivas tipologías, de cada taller REVIR, es igual a la suma de cada una de las frecuencias absolutas de cada acto comunicativo, y sus respectivas tipologías, de cada fase de la instrucción. Cabe mencionar que la suma de frecuencias absolutas de actos comunicativos, y sus respectivas tipologías, la hemos realizado a través de la función SUMA(número 1; [número 2]; ...). Así, hemos realizado este conteo en cada taller REVIR, obteniendo así la tabla de contingencia de la figura 7.2.a, la que es una tabla de doble entrada que procedemos a explicar de manera general a continuación.

- En la entrada vertical hemos puesto la variable 1 compuesta de sus respectivos valores 1, 2, ..., i , ..., m . Además, en la columna de su izquierda hemos puesto los Conjuntos de valores 1, 2, ..., h , ..., k los cuales agrupan los respectivos valores 1, 2, ..., m . La fila que se encuentra bajo los valores de la variable 1 (N/A, color granate poco intenso) se corresponde con aquellos datos que no han sido categorizados a través de los valores de la variable 1. La siguiente fila (Total (sin N/A), color amarillo intenso) se corresponde con la suma que es resultado de la adición de Total de valores 1, 2, ..., k . Y la última fila

(Total (con N/A), color granate intenso) se corresponde con la suma que es resultado de la adición de N/A y Total (sin N/A).

- En la entrada horizontal hemos puesto la variable 2, que en el caso de esta investigación se corresponde con los talleres REVIR, o una agrupación de éstos. Así los valores de esta variable pueden ser Conjunto de talleres $1, 2, \dots, j, \dots, l$. Además, bajo cada uno de estos valores, hemos puesto dos columnas, donde la de la izquierda se corresponde con la frecuencia absoluta de coocurrencia (n_{ij}) entre los valores de la variable 1 y la variable 2, y la de la derecha se corresponde con la frecuencia relativa porcentual (f_{ij}) de coocurrencia entre los valores de la variable 1 y la variable 2 con respecto al respectivo Total de valores $1, 2, \dots, k$. Dicho Total de valores $1, 2, \dots, k$ corresponde a la suma que es resultado de la adición de frecuencias absolutas de coocurrencia entre los valores de la variable 1 y la variable 2 de los valores pertenecientes al respectivo conjunto de nombre. Mientras que la frecuencia relativa porcentual de Total de valores $1, 2, \dots, k$ (color amarillo poco intenso) es calculada con respecto al Total (sin N/A). Dicho Total (sin N/A) es resultado de la adición de Total de valores $1, 2, \dots, k$. Además, la frecuencia relativa porcentual asociada al Total (sin N/A) es calculada con respecto al Total (con N/A), correspondiente a la suma que es resultado de la adición de la frecuencia absoluta de coocurrencia n_{ij} categorizados por los actos comunicativos y la frecuencia absoluta de aquellas coocurrencias que hemos considerado que no se han podido categorizar con ninguna de los valores de la variable 1 (N/A).
- En cuanto al código de colores, las celdas que contienen la frecuencia relativa porcentual de coocurrencia entre los valores de la variable 1 y la variable 2 con respecto al respectivo

Total de valores 1, 2, ..., k . tienen distintas intensidades de color gris, con la finalidad de identificar rápidamente coocurrencias de valores de las variables 1 y 2 que son más, o menos, frecuentes. Las celdas asociadas a las frecuencias relativas porcentuales de Total de valores 1, 2, ..., k con respecto al Total (sin N/A) han sido pintadas en color amarillo poco intenso debido a su relación con el Total (sin N/A) que ha sido pintado con color amarillo intenso. Las celdas asociadas a las frecuencias absolutas y frecuencias relativas porcentuales categorizadas con N/A han sido pintadas color granate poco intenso, debido a su relación con el total (con N/A) que ha sido pintado color granate intenso.

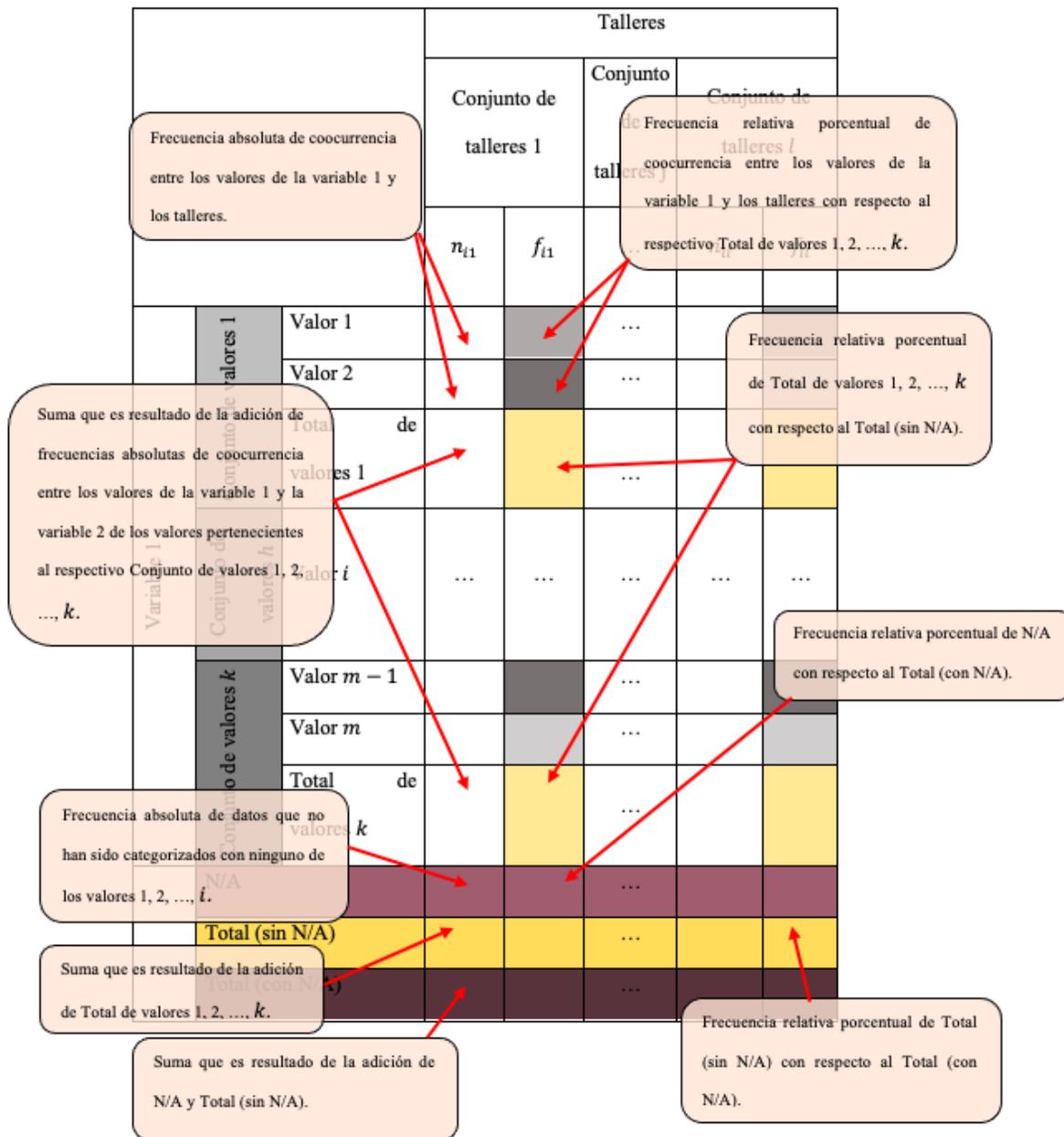


Fig. 7.2.a. Ejemplo de tabla de contingencia que es conformada por la variable 1 y sus valores, sus respectivos conjunto, y la variable 2 y sus valores.

7.2.2. Análisis descriptivo de la prevalencia de actos comunicativos.

La obtención de frecuencia absolutas y relativas porcentuales de coocurrencia entre las variables de la tabla de la figura 7.2.a, nos ha permitido tener una visión general de los

talleres. Sin embargo, tal como hemos mencionado previamente, el diálogo se desarrolla a lo largo del tiempo (Colley & Windschitl, 2020). De esta manera, hemos querido relevar cómo hemos utilizado las frecuencias relativas porcentuales de coocurrencia entre los valores de la variable 1 y los valores de la variable 2 de la tabla de la figura 7.2.a, cuyos valores, en este caso, poseen una duración que hemos reflejado a través de distintas longitudes de las casillas que conforman la figura 7.2.b.

En a la descripción de la figura 7.2.b:

- El alto de la columna representa el 100% de la coocurrencia entre los valores de la variable 1 y el respectivo valor de la variable 2. Así, los distintos colores en la columna representan el porcentaje de coocurrencia entre el respectivo valor de la variable 1 y el respectivo valor de la variable 2.
- Los valores de la variable 2 se detallan en la fila justo por debajo de las frecuencias relativas porcentuales de coocurrencia entre los valores de la variable 1 y el respectivo valor de la variable 2.
- El ancho de las columnas de frecuencias relativas porcentuales representa el porcentaje de datos categorizados con los valores de la variable 1, y que han coocurrido valor de la variable 2, con respecto a la cantidad total de datos en cada uno de los valores de la variable 2. Es decir, el ancho total de la figura 7.2.b se corresponde con el 100% de los datos categorizados con los valores de las variables 1 y 2.
- Junto al valor de la variable 2, se detalla la cantidad total de datos que han sido categorizados por los valores de la variable 1 que han coocurrido con el respectivo valor de la variable 2. Es decir, la suma que es resultado de la adición de dichas cantidades es

igual a la cantidad de total de datos. Además, junto a éstas se detalla el porcentaje de datos que han sido categorizados por los valores de la variable que han coocurrido con el respectivo valor de la variable 2. Es decir, la suma que es resultado de la adición de dichos porcentajes es igual al 100% de datos.

- La duración en minutos de cada uno de los valores de la variable 2 se detalla bajo la fila en la que figuran los valores de la variable 2, donde el ancho de cada celda representa el porcentaje de tiempo en cada valor de la variable 2, con respecto al tiempo total que es la suma cada uno de los valores de la variable 2. Es decir, la suma que es resultado de la adición de dichos anchos es igual al 100% del tiempo del taller.

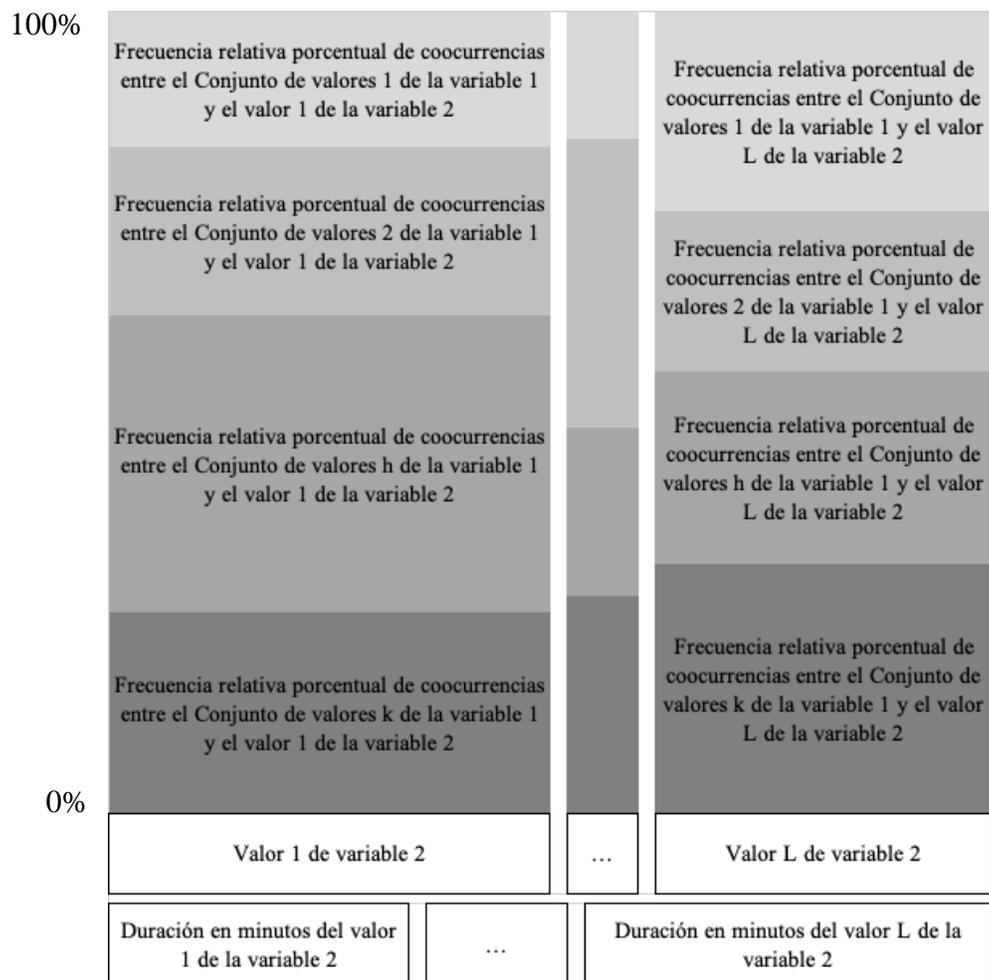


Fig. 7.2.b. Frecuencia relativa porcentual de actos comunicativos por fases de la instrucción.

7.2.3. Análisis inferencial de la prevalencia de actos comunicativos.

Hasta ahora, a través de las estrategias de análisis de los sub apartados 7.2.1, y 7.2.2, sólo hemos descrito las variables, y cómo se distribuyen sus coocurrencias en general, y a lo largo de los talleres REVIR.

7.2.3.1. Variables de contexto educativo usadas en el Estudio 2.

A través de estas descripciones hemos podido aproximarnos a la comprensión de las relaciones entre variables:

- Primera variable: la temática del taller REVIR. De los cuatro talleres dos corresponden al taller EV, y dos corresponden al taller SP. El contenido de ambos talleres se encuentra detallado en los apartados 4.2.4 y 4.2.5, respectivamente. A grandes rasgos, el taller EV aborda un fenómeno más simple desde el punto de vista cinemático, ya que se centra en el movimiento de frenada de un vehículo con aceleración constante (MRUA). Además, es un movimiento más familiar para el alumnado, y más fácil que surja la idea aristotélica de fuerzas. En cambio, el taller SP se centra en un movimiento más complejo desde el punto de vista cinemático, ya que la aceleración que experimenta el saltador no es constante, y depende de la elongación de la cuerda. Por lo tanto, esto lleva a que surjan confusiones en las relaciones entre velocidad y aceleración.
- Segunda variable: equipo docente. Tal como se ha mencionado en el sub apartado 4.3.1, los equipos docente encargados de los talleres REVIR en los años 2019 y 2020 eran distintos. A grandes rasgos, podemos decir que el equipo docente 2020 contaba con una mayor experiencia en el desarrollo de talleres REVIR, y también con una mayor perspectiva didáctica a la hora de promover interacciones dialógicas en el aula. De hecho, Marisa (nombre ficticio), quien lideraba el equipo docente 2020, había sido la principal instructora de Martina (también nombre ficticio), responsable de los talleres REVIR durante el 2019. Además, en 2020, Carles (también nombre ficticio) jugó un papel más

relevante que en el 2019, donde sus intervenciones en los talleres REVIR no fueron registradas, tal como hemos mencionado en la tabla 4.3.a.

- Tercera variable: fase de instrucción del taller REVIR. Tal como hemos señalado en el sub apartado 4.2.2.3, los talleres REVIR SP y EV poseen una estructura didáctica compuesta por tres fases de la instrucción: fase de familiarización con el fenómeno; fase de discusión, que principalmente se realiza en pequeños grupos de estudiantes; y la fase de consenso, que siempre se realiza en grandes grupos.

7.2.3.2. Prueba chi-cuadrado (χ^2).

Debido a que estas tres variables de contexto educativo usadas en el Estudio 2 son categóricas, y sus frecuencias de coocurrencias pueden ser expuestas en tablas de contingencia de $m \times l$, donde m y l se corresponde con la cantidad de valores de las respectivas variables, los que pueden ser mayores o iguales a 2, una prueba estadística que nos permite saber si hay una relación, o no, entre dichas variables es la prueba chi-cuadrado (χ^2) (Cohen et al., 2007; R. Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), la que nos ha permitido hacer inferencias, y, en algunos casos, predicciones a través de los datos recolectados.

A través de la prueba χ^2 partimos de la hipótesis nula, que afirma que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las frecuencias reales y esperadas en la coocurrencia de las variables involucradas, por lo que no hay una relación entre éstas. Es decir, si no hay una relación entre las variables involucradas, la diferencia entre las frecuencias reales y las frecuencias esperadas serán pequeñas. La diferencia es estadísticamente significativa cuando dicha diferencia es mayor que aquella definida por cierto valor crítico (un valor crítico nos

dice el límite de cuán extremo es un estadístico de prueba que necesitamos para rechazar la hipótesis nula), de tal modo que es poco probable que la casualidad pueda explicar aquella diferencia entre las frecuencias reales y esperadas. Dicho valor crítico se corresponde con un valor límite del estadístico de prueba (en este caso χ^2) el cual permite saber si aceptar, o no, la hipótesis nula. Este valor depende de los grados de libertad de la tabla de contingencia y el nivel de significancia (α) (Cohen et al., 2007), es decir, con cuánta certeza es posible afirmar que existe una relación entre las variables involucradas en la tabla de contingencia (Cohen et al., 2007). Para este estudio hemos considerado $\alpha = 0,05$.

Para el cálculo del estadístico de chi-cuadrado (χ^2) (de Pearson) hemos utilizado la tabla de la figura 7.2.c. Es verdad que el cálculo del estadístico de prueba podría realizarse a través de una función en la hoja de cálculo de Excel. Sin embargo, un procedimiento paso a paso nos permite saber qué coocurrencias de valores de las variables 1 y 2 colabora más, o menos, en la obtención del estadístico de prueba χ^2 . Así, procedemos a explicar la tabla de la figura 7.2.c. que nos ha permitido realizar la prueba chi-cuadrado (χ^2). En el Estudio 2, los valores de la entrada horizontal se corresponden con los talleres REVIR, y los valores de la entrada vertical se corresponde con los actos comunicativos. Esta tabla puede contar con l conjuntos de talleres. Cada conjunto de talleres tiene seis columnas que describen distintas medidas estadísticas.

La primera de estas columnas es la de frecuencias reales (n_{hj}) de coocurrencia entre las variables involucradas en el estudio.

La segunda columna es la de frecuencias relativas porcentuales (f_{hj}) de coocurrencia entre las variables involucradas en el estudio.

La tercera segunda columna es la de frecuencias esperadas (E_{hj}) de coocurrencia de las variables involucradas en el estudio. La frecuencia esperada de coocurrencia de las variables involucradas corresponde a la frecuencia de coocurrencias si las variables no estuvieran relacionadas. Éstas se calculan a través de la siguiente ecuación:

$$E_{hj} = \frac{n_h \cdot n_j}{N}$$

Donde N es el resultado de la adición de cada n_i o n_j , o la cantidad total de coocurrencias que han sido categorizadas a través de las variables involucradas.

La cuarta columna es la de la resta entre frecuencia real y frecuencia esperada ($n_{h1} - E_{h1}$).

La quinta columna es la del cociente entre la resta de la frecuencia real y esperada de la cuarta columna, y la frecuencia esperada de la tercera columna.

La sexta columna es aquella de los sumandos que son resultados de la diferencia al cuadrado entre las correspondientes frecuencias reales y frecuencia esperadas, dividido por la respectiva frecuencia esperada De esta manera, a través de la sumatoria de cada uno de estos sumandos

(χ_{hj}^2) obtenemos el estadístico χ^2 . Es decir, el cálculo de χ^2 se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \sum_{h=1, j=1}^{k, l} \frac{(n_{hj} - E_{hj})^2}{E_{hj}}$$

Donde k corresponde la cantidad total de filas de la tabla de contingencia, y l corresponde a la cantidad total de columnas de la tabla de contingencia.

Hemos enfatizado cada uno de estos sumandos, cuya suma es igual al estadístico χ^2 , ya que hemos querido identificar qué coocurrencia entre las variables involucradas en la tabla de contingencia son más, o menos, responsables de la posible relación entre dichas variables.

		Talleres																		
		Conjunto de talleres 1						Conjunto de talleres j						Conjunto de valores l						
		n_{h1}	f_{h1}	E_{h1}	$\frac{n_{h1} - E_{h1}}{E_{h1}}$	$\frac{n_{h1} - E_{h1}}{E_{h1}}$	χ^2_{h1}	n_{hj}	f_{hj}	E_{hj}	$\frac{n_{hj} - E_{hj}}{E_{hj}}$	$\frac{n_{hj} - E_{hj}}{E_{hj}}$	χ^2_{hj}	n_{hl}	f_{hl}	E_{hl}	$\frac{n_{hl} - E_{hl}}{E_{hl}}$	$\frac{n_{hl} - E_{hl}}{E_{hl}}$	χ^2_{hl}	n_h
Variable 1	Conjunt o de valores 1																			
	Conjunt o de valores h																			
	Conjunt o de valores m																			
	n_j																			N

Fig. 7.2.c. Frecuencia absoluta de actos comunicativos por contenido de talleres REVIR.

Posteriormente, el estadístico de prueba χ^2 calculado se compara con el valor crítico. Este valor crítico depende de los grados de libertad de la tabla de contingencia (Cohen et al., 2007), y el nivel de significancia, el cual es posible calcularlo en la hoja de cálculo Excel con la función $INV.CHICUAD.CD(\text{probabilidad}; \text{grados_de_libertad})$, donde la probabilidad es el nivel de significancia, y $\text{grados_de_libertad}$ son los grados de libertad (gl) de la tabla de contingencia, el cual es calculado con la siguiente ecuación:

$$gl = (f - 1) \cdot (c - 1)$$

Donde f es la cantidad de filas de la tabla de la tabla de la figura 7.2.c, y c es la cantidad de columnas de frecuencias absolutas de la tabla de la figura 7.2.c.

Así, el apoyo de la hipótesis nula depende de la relación de orden entre el estadístico de prueba χ^2 y el valor crítico:

- Si el estadístico de prueba χ^2 calculado es menor que el valor crítico implica que se acepta la hipótesis nula, apoyando que no hay una relación entre las variables.
- Y, por el contrario, si el estadístico de prueba χ^2 calculado es mayor que el valor crítico, implica que no se apoya la hipótesis nula, y se apoya la hipótesis alternativa, la que acepta que hay una relación entre las variables involucradas en la tabla de contingencia que no se puede explicar desde el azar.

Dado que los sumandos que conforman el estadístico de prueba χ^2 calculado en la tabla de la tabla de la figura 7.2.c son siempre mayores o iguales que cero (debido a que la sustracción entre frecuencias real y frecuencia esperada está elevada al cuadrado), cada uno de estos sumandos sólo nos permite saber qué coocurrencia entre las variables involucradas en la tabla de contingencia son más, o menos, responsables de la posible relación entre dichas variables. Es decir, a través de la tabla de la figura 7.2.c no podemos saber si la posible relación entre las variables de la tabla de contingencia es debido a una mayor, o menor, frecuencia real de coocurrencia de las variables involucradas en la tabla de contingencia con respecto a la frecuencia esperada. Así:

- En el caso de ser mayor la frecuencia real, la resta entre frecuencia real y frecuencia esperada es positiva. Es decir, la frecuencia de coocurrencia entre las variables involucradas en la tabla de contingencia (figura 7.2.c) es mayor a la esperada.
- En el caso de ser menor la frecuencia real, la resta entre frecuencia real y frecuencia esperada es negativa. Es decir, la frecuencia de coocurrencia entre las variables involucradas en la tabla de contingencia (figura 7.2.c) es menor a la esperada.

De esta forma, para ambos casos, es posible mencionar que aquella mayor, o menor, frecuencia de coocurrencia entre las variables involucradas caracteriza el fenómeno estudiado.

7.2.3.2. Coeficiente de asociación V de Cramér.

Tal como hemos visto en la sub sección anterior, el estadístico de prueba χ^2 nos permite saber si las variables expuestas en una tabla de contingencia se encuentran relacionadas, o no. Sin embargo, en el caso de estar relacionadas, no nos permite saber si la *intensidad* de dicha relación es *fuerte* o *débil*. Para saber si dicha relación es *fuerte* o *débil*, es necesario recurrir a algún coeficiente de asociación, cuyo cálculo permite cuantificar la *intensidad* de asociación entre las variables que se encuentran relacionadas. Uno de esos coeficientes de asociación es la V de Cramér (V), cuyo cálculo se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \cdot \min(\text{filas} - 1, \text{columnas} - 1)}}$$

Donde χ^2 es el valor del estadístico de prueba chi-cuadrado, N es la cantidad total de datos categorizados a través de las variables, y $\min(\text{filas} - 1, \text{columnas} - 1)$, corresponde al valor mínimo entre la cantidad de valores que conforman las variables de la tabla de contingencia, menos 1.

De esta manera, dependiendo del valor de V , el que puede oscilar entre 0 y 1, podemos saber si la *intensidad* de la relación entre las variables es *débil* o *fuerte*. Si $V \leq 0,2$ la *intensidad* de la relación entre las variables es *débil*; si $0,2 < V \leq 0,6$ la *intensidad* de la relación entre

las variables es *moderada*; y si $V > 0,6$ la *intensidad* de la relación entre las variables es *fuerte*.

Capítulo 8: Resultados del análisis del
discurso docente en el contexto de
talleres experimentales de ciencia
centrados en la modelización.



De acuerdo a la metodología de investigación del Estudio 2, expuesta en el capítulo anterior, caracterizar el discurso docente en el contexto de actividades orientadas por una instrucción centrada en la modelización pasa por identificar y analizar las tipologías de actos comunicativos que usan las distintas personas que componen el equipo docente. En este capítulo nos centramos en presentar los resultados de este análisis. En el apartado 8.1 presentamos una taxonomía de tipologías de actos comunicativos que categorizan el discurso docente, aportando una definición de cada uno de los actos comunicativos, ejemplos concretos de enunciados del discurso docente obtenidos desde los datos de esta investigación y su relación con otras categorías provenientes desde la literatura. En el apartado 8.2 hemos presentado el recuento de actos comunicativos en cada uno de los talleres REVIR, y en el apartado 8.3 hemos continuado con la prueba chi-cuadrado (χ^2) que nos ha permitido estudiar la relación entre los actos comunicativos y las variables de contexto educativo (equipos docentes, temática de los talleres REVIR, y fases de la instrucción).

8.1. ¿Qué tipologías de actos comunicativos caracterizan el discurso docente en el contexto de los talleres REVIR?

En este apartado presentamos las categorías que nos han permitido categorizar los enunciados que conforman el discurso docente en el contexto de talleres experimentales de ciencia centrados en la modelización orientados por una cultura de aula basada en la enseñanza dialógica.

Así, considerando la metodología de análisis para el análisis del discurso docente expuesta en la capítulo 7, hemos propuesto los actos comunicativos y sus respectivas tipologías que categorizan los enunciados que conforman el discurso docente. Las tipologías de acto comunicativo que describen la agencia que fomentan en el alumnado los enunciados que conforman el discurso de la docente, se han organizado según la acción de la docente. Estas acciones se han organizado en una familia de actos comunicativos, donde tres de los cuatro actos comunicativos son conformados por tipologías. Los cuatro actos comunicativos son: solicitar, recuperar, aportar, y reconocer.

8.1.1. Familia solicitar y sus respectivas tipologías de acto comunicativos (Sol).

El acto comunicativo de solicitar describe una acción en la que la docente media que el alumnado enuncie sus ideas, el desarrollo de sus explicaciones, y la focalización y la profundización en estas ideas o explicaciones. Además, media que el alumnado comparta y visibilice sus ideas de la forma más completa posible (Hennessy et al., 2016; Kawalkar &

Vijapurkar, 2013; Ruiz-Primo & Furtak, 2006). Este acto comunicativo ha surgido, principalmente, desde el enfoque inductivo, debido a que el discurso de las docentes, al guiar el desarrollo de talleres de ciencia centrados en la modelización, pretenden mediar que el alumnado constantemente utilice y/o exprese sus ideas, con el objetivo de proponer nuevas interrogantes que contribuyan al cuestionamiento y posterior progreso de sus dichas ideas. Así mismo, también ha sido destacado desde la literatura. En particular, el estudio de Williams y Clement (2015) ha destacado que las estrategias que el profesorado incorpora en su discurso pueden clasificarse según su agencia. Una, de las dos, agencias propuestas por estos autores es “*Request*” (Williams & Clement, 2015, p. 101), en base a la cual nos hemos inspirado para denominar el acto comunicativo solicitar.

8.1.1.1. Tipología solicitar una descripción fenomenológica (Sol-Des-Fen).

Esta tipología del acto comunicativo la hemos definido como el acto que hace la docente con el objetivo de que el alumnado describa un fenómeno, montaje experimental, hecho concreto, etc., a través de lo que el alumnado puede percibir desde sus sentidos. A través de esta tipología se suele categorizar aquellos enunciados del discurso docente que median que el alumnado desarrolle sus ideas a través de la manipulación y observación de los montajes experimentales que simulan el fenómeno real.

Esta tipología de acto comunicativo es respaldada desde la literatura, con categorías tales como la categoría “*requests observations*” (Williams & Clement, 2015, p. 98), donde estos autores han ejemplificado el uso de esta categoría con el siguiente enunciado del discurso docente “*T: Well what’s your evidence that it happens? At some point don’t the bulbs cease to light? And the compass ceases to deflect?*”. Además, esta categoría se puede asociar con

aquellos momentos en los que la docente pretende dirigir la atención del alumnado al montaje experimental, o evocar sus recuerdos sobre el fenómeno estudiado. Así también, esta tipología de acto comunicativo es coincidente con la categoría descripción “*preguntas que piden información sobre una entidad, fenómeno o proceso. Piden datos que permiten la descripción o acotamiento del hecho sobre el que se centra la atención*” (Roca, Márquez, & Sanmartí, 2012, p. 105), que pertenece a un sistema de categorías que ha permitido identificar el objetivo o demanda de una pregunta. Esta suele ser una categoría que es posible asociar a una idea de ciencia acotada (afirmativa, según Roca et al. (2012)), donde las respuestas a los enunciados categorizados con esta tipología suelen ser respuestas simples y cortas. Es decir, un discurso docente que se base en esta tipología podría ser propio de un aula de ciencia donde el enfoque comunicativo predominante se centre en el enfoque interactivo/autoritativo (Scott et al., 2006), donde el diálogo entre docente y alumnado se asemeja a rutinas de pregunta y respuesta con el objetivo de que el alumnado logre alcanzar una idea específica. A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep3 PC SP19.

L7	E: Va aumentando la velocidad.
L8	D1: Vale, esto, sí, ya lo veremos después. Algunos de ustedes me han dicho otra cosa, ¿no? Le han puesto a otro nombre a esto... [<i>Estirando la cuerda hacia abajo reiteradas veces</i>].
L9	E: Caída libre...
L10	D1: Caída libre, ¿sí? Vale.
L11	D1: Entonces el saltador va cayendo, va cayendo y entonces, ¿qué le pasa a la cuerda? [<i>Estirando la cuerda cada vez más, hasta alcanzar otra longitud que permite estudiar el movimiento del saltador</i>].
L12	E: Se alarga.

En el ejemplo anterior, la docente utiliza el montaje experimental para mostrar al alumnado cómo es el movimiento de descenso del saltador cuando está en caída libre, y cuando apenas la cuerda elástica empieza a ejercer fuerza elástica sobre el saltador. En particular, el

enunciado L11 es aquel que es categorizado por la tipología Sol-Des-Fen, que es conformado por la pregunta que inicia con el adverbio interrogativo ¿qué?. En el mismo sentido de las categorías propuestas por Williams y Clement (2015) y Roca, et al. (2012), la docente solicita que el alumnado otorgue información sobre lo que observa que ocurre en la simulación realizada a través del montaje experimental. Así también, la pregunta presente en el enunciado L11 es conformada por un verbo cuya conjugación es en el modo indicativo, tiempo presente, que señala que la acción expresada por el verbo ocurre en el mismo momento en el que la docente habla. Además, cabe mencionar que otros enunciados del discurso docente que pueden ser categorizados por la tipología pueden conformarse por preguntas que inician con adverbios interrogativos tales como: ¿cómo?, ¿qué?, ¿cuánto?, ¿cuándo?, ¿cuál?. Y así también, pueden continuar con verbos conjugados en el modo indicativo, tiempo pretérito perfecto simple, que señalan que la acción expresada por el verbo ocurre hace unos momentos. De esta manera, la pregunta del enunciado L11 podría haber sido expresada como ¿qué le pasó a la cuerda?.

8.1.1.2. Tipología solicitar una descripción interpretativa (Sol-Des-Int).

Esta tipología del acto comunicativo la hemos definido como el acto que hace la docente de pedir que el alumnado realice una descripción interpretativa a través de sus propias ideas. Esta tipología de acto comunicativo podría ser consideradas como un complemento a aquellas respuestas que el alumnado otorga cuando la docente solicita una descripción fenomenológica.

Según la literatura, existen categorías equivalentes, como la categoría “*Teacher asks students to interpret information, data, patterns*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), la que ha resultado ser una categoría propia de docentes cuyo discurso es orientado por un enfoque basado en la indagación. Además, esta categoría suele surgir en aquellos momentos en los que se pretende que el alumnado comparta, sobre todo, las versiones iniciales de sus ideas, o los resultados que han sido producto de un previo debate de ideas. Así también, esta tipología de acto comunicativo es respaldada por la categoría que define describir como “*parlar sobre com és o com passa alguna cosa (un objecte, un organisme, un fenomen) en funció d’un model teòric*” (Izquierdo & Sanmartí, 2003).

A continuación, se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep6 PC SP19.

- | | |
|------|---|
| L133 | D1: Y entonces, ¿qué pasa aquí? [<i>Refiriéndose al momento en que la cuerda alcanza su longitud máxima</i>]. |
| L134 | E: Comienza... ahora la velocidad será positiva porque... |
| L135 | D1: Pero en este punto [<i>Refiriéndose al momento en que la cuerda alcanza su longitud máxima</i>]. |
| L136 | E: La fuerza elástica es máxima. |
| L137 | D1: La fuerza elástica es máxima. |
| L138 | D1: Y, ¿cómo es la aceleración aquí? |
| L139 | E: Positiva. |
| L140 | D1: Positiva, pero ¿cómo? ¿es grande? ¿es pequeña? |
| L141 | E: Es grande, es la máxima. |
| L142 | E: Es máxima. |

El ejemplo anterior se desarrolla en torno al instante en que el saltador alcanza la posición más baja, cuando la cuerda elástica ejerce la mayor fuerza sobre el saltador. Además, durante este episodio los enunciados de la docente y del alumnado se desarrollan en torno a ideas, no incorporando la simulación para la descripción del fenómeno. Así, el enunciado L138 es aquel que es categorizado por la tipología de acto comunicativo solicitar descripción interpretativa. Este enunciado es conformado por una pregunta que inicia con el adverbio

interrogativo ¿cómo?, y dicha pregunta es conformada por un verbo cuya conjugación es en el modo indicativo, tiempo presente, que señala que la acción expresada por el verbo ocurre en el mismo momento en el que la docente habla. A través de esta pregunta, y en la misma línea de las categoría propuestas por Ruiz-Primo y Furtak (2007) y Izquierdo y Sanmartí (2003), la docente parece pretender que el alumnado describa cómo es la aceleración del saltador luego de haber interpretado el fenómeno a través de sus propias ideas, y haber afirmado que la fuerza elástica de la cuerda es máxima. Además, cabe mencionar que, al igual que con la tipología Sol-Des-Fen, otros enunciados del discurso docente que pueden ser categorizados por la tipología Sol-Des-Int pueden iniciar con adverbios interrogativos tales como ¿cómo?, ¿qué?, ¿cuánto?, ¿cuándo?, ¿cuál?.

8.1.1.3. Tipología solicitar una predicción (Sol-Pred).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de pedir que el alumnado prediga, especule, etc., el comportamiento de un fenómeno estudiado a través de sus ideas luego del desarrollo de cierto fenómeno, hecho, etc. Esta tipología de acto comunicativo es respaldada desde la literatura, con categorías como la estrategia de enseñanza microcognitiva “*requests running a model for prediction or evaluation*” (Williams & Clement, 2015, p. 98), donde estos autores han ejemplificado el uso de esta categoría con el siguiente enunciado del discurso docente “*T: So, if charge is moving around in a circuit like this and if charge is being changed into heat, what would you expect to see in the compass as you moved further and further in the circuit?*” (Williams & Clement, 2015, p. 98). Además, estos autores han destacado que los enunciados categorizados con esta categoría tienden a mediar la evaluación de las ideas del alumnado, sobre todo al situar las ideas enunciadas por el alumnado en otros

contextos. Por otro lado, es interesante destacar que la categoría demanda d'usar model *“demanar l'ús del model per predir o explicar un fenomen/experiment a través d'una pregunta clau”* (Garrido-Espeja, 2016, p. 136), a diferencia de la categoría propuesta por Williams y Clement (2015), ha sido relacionada a aquellos momentos en los que el alumnado usa y/o expresa sus ideas por primera vez, o en discusiones posteriores.

Otra categoría que es coincidente con esta tipología de acto comunicativo es la categoría predicción *“preguntas sobre el futuro, la continuidad o la posibilidad de un proceso o hecho”* (Roca et al., 2012, p. 105). Esta categoría se encuentra en concordancia con la perspectiva de que el alumnado utilice sus ideas para especular sobre el comportamiento del fenómeno estudiado en situaciones que pueden ser hipotéticas. Estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con enunciados tales como: *“Qué consecuencias? ¿Qué puede pasar? ¿Podría ser? ¿Qué pasará sí...?”* (Roca et al., 2012, p. 105). Además, estas autoras han destacado esta categoría como intrínseca a la ciencia, debido a que la incorporación de solicitud de predicciones en el discurso docente invita al alumnado a participar en escenarios relacionados con la resolución de problemas, que pueden ser contextualizados en entornos cercanos o familiares, en los que deben realizar comparaciones entre sus ideas y los datos.

Así también, esta tipología es concordante con la categoría invite possibility thinking or prediction *“invite speculation/imagining, hypothesis, conjecture, or question posing”* (Hennessy et al., 2016, p. 22). Estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con el siguiente enunciado *“what might happen if...”* (Hennessy et al., 2016, p. 22). Además, estas autoras, al igual que Williams y Clement (2015), destacan los enunciados que solicitan

predicción como mediadores de la evaluación de las ideas del alumnado. Esta categoría puede ser complementada por la descripción de la categoría speculate or predict “*speculate, hypothesise, conjecture, imagine or express one or more different possibilities or theories.*” (Hennessy et al., 2016, p. 23). Es decir, los enunciados categorizados con la categoría invite possibility thinking or prediction median que el alumnado exprese diferentes posibilidades derivadas de las ideas que han sido discutidas, o de la actividad que se desarrolla. Es decir, la tipología predecir de la familia solicitar parece categorizar el discurso docente que media el desarrollo de tareas, ideas, etc. de manera colaborativa, tanto entre alumnado, como también entre alumnado y docentes.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep8 PC EV20.

- L43 D2: Ustedes, el grupo que está aquí en la pizarra, ¿cómo explicarían a sus compañeros por qué no han considerado esta fuerza aplicada?
L44 E: Porque cuando la goma deja de tocar el coche no hay ninguna fuerza que actúe hacia adelante.
L45 E: Por eso se frena.
L46 D2: Claro.
L47 D2: Es un poco como cuando una persona salta en un trampolín. En el momento en que te despegas del trampolín, la fuerza que le aplica el trampolín, no se aplica.
L48 D2: O, por ejemplo, si tuviésemos un carril infinito y sin rozamiento, si empujara el coche tal como lo empuja la goma en el primer instante, ¿el coche frenaría en algún momento?
L49 E: No.
L50 D2: No. El coche seguiría avanzando más y más.

El diálogo anterior se desarrolla en torno a la idea que explica por qué el coche no lleva una fuerza que le permite hacer su movimiento de frenada durante la ida. En este diálogo, el enunciado L48 es aquel que es categorizado por la tipología Sol-Pred. Este enunciado es concordante con las categorías de procedentes de la literatura previamente enunciados. En particular, a través del enunciado de L48, y según la categoría de Hennessy et al. (2016), la docente media que, considerando las distintas condiciones que determinan el movimiento del

coche, el alumnado especule cómo sería el movimiento del coche si dichas condiciones se cumplieran. Así, el enunciado L48, y en particular la pregunta que lo concluye, suele ser clave para que el alumnado cuestione su idea aristotélica de fuerza. Dicha pregunta es conformada por una pregunta cuyo verbo (frenar) es conjugado en el modo indicativo, tiempo condicional simple, que es usualmente usado para sugerir situaciones hipotéticas. Además, cabe mencionar que los enunciados categorizados con la tipología Sol-Pred pueden conformarse por un verbo cuya conjugación puede ser en el modo subjuntivo, tiempo pretérito imperfecto, que es usualmente usado para sugerir situaciones que ocurren en el futuro. De hecho, el enunciado, mas no la pregunta, de la L48 incorpora el verbo empujar con la conjugación antes mencionada. Así también, pueden conformarse por un verbo cuya conjugación es en el modo indicativo, tiempo futuro simple, el que es usualmente usado para referirse a situaciones futuras que pueden estar sujetas a probabilidades e intenciones. De esta manera, la pregunta de la L48 podría haber sido expresada como ¿el coche frenará en algún momento?.

8.1.1.4. Tipología solicitar una explicación (Sol-Exp).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de pedir al alumnado explicación, evidencia, justificación sobre cómo se sabe cierta idea, característica, diferencia, cambio, fenómeno, hecho, etc. Es decir, a través de esta tipología de acto comunicativo categorizamos aquellos enunciados del discurso docente que median que el alumnado explique el comportamiento del fenómeno estudiado a través de sus ideas.

Esta tipología Sol-Exp es concordante con categorías propuestas en la literatura, tales como la categoría explicación causal “*preguntas que piden el por qué de una característica, diferencia, paradoja, proceso, cambio o fenómeno*” (Roca et al., 2012, p. 105). Estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con el siguiente enunciado “*¿Por qué el agua del río es dulce y después en el mar es salada?*” (Roca et al., 2012, p. 105). Además, estas autoras, en el mismo estudio realizado, han propuesto la categoría comprobación “*preguntas que hacen referencia a cómo se sabe o cómo se ha llegado a conocer o a hacer una determinada afirmación*” (Roca et al., 2012, p. 105), donde han ejemplificado el uso de esta categoría con el siguiente enunciado “*¿Cómo se puede saber que el agua está formada por O_2 y H_2 ?*” (Roca et al., 2012, p. 105). Según estas autoras, los enunciados del discurso docente que tienen a ser categorizados con estas categorías facilitan la conexión entre las ideas y los fenómenos estudiados. Además, estas autoras afirman que involucrar este tipo de enunciados media una visión de la ciencia centradas en la obtención de pruebas y evidencias que justifiquen las ideas propuestas. Así, es necesario que la docente incorpore este tipo de enunciados en su discurso, debido a que el alumnado suele realizarse preguntas que se centran en la descripción y la explicación. De esta forma, el discurso docente categorizado con esta tipología de acto comunicativo puede ser una forma adecuada de destacar al alumnado la importancia del desarrollo de preguntas, las cuales permiten el desarrollo del conocimiento científico (Roca et al., 2012)

Las categorías propuestas por Roca et al. (2012) son respaldadas por la categoría “*requests or provides evidence to support or refute a model*” (Williams & Clement, 2015, p. 98) que los autores han ejemplificado con el siguiente enunciado del discurso docente “*T: “She thinks*

that the top bulb (in this model) should be brighter than the bottom bulb or lit longer. Do we have some evidence that would either support that or refute that?". Los enunciados del discurso docente que con categorizados por esta categoría median la puesta a prueba de las ideas del alumnado. De hecho, esta perspectiva es apoyada por la categoría *ask for explanation or justification* "*ask other(s) for justification/evidence or explanation of reasoning or the process of arriving at a solution*" (Hennessy et al., 2016, p. 21). Al igual que con la categoría propuesta por Williams y Clement (2015), estas autoras destacan los enunciados que solicitan explicación como mediadores de la evaluación de las ideas del alumnado. Así también, estas autoras ubican esta categoría en el conjunto "*invite elaboration or reasoning*" (Hennessy et al., 2016, p. 21), que han relacionado con el principio colectivo de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017). Es decir, la tipología solicitar una explicación parece categorizar el discurso docente que media el desarrollo de tareas, ideas, etc. de manera colaborativa, tanto entre alumnado, como también entre alumnado y docentes. Además, en ocasiones, media que el alumnado profundice en algún aspecto clave de la actividad que se está realizando, con el objetivo de que destaquen cierta idea, o que hagan sus razonamientos explícitos (Hennessy et al., 2016).

Así mismo, otra categoría que respalda la tipología Sol-Exp es *explain or justify own contribution* "*provide or elaborate justification/evidence or explanation of own reasoning or the process of arriving at a solution*" (Hennessy et al., 2016, p. 23). Estas autoras ubican esta categoría en el conjunto "*make reasoning explicit*" (Hennessy et al., 2016, p. 21). Así, debido a que esta categoría suele mediar que el alumnado comparta sus ideas con el resto, y al igual que la categoría *ask for explanation or justification* (Hennessy et al., 2016, p. 22), estas

autoras han relacionado esta categoría con el principio de reciprocidad de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017). Es decir, la tipología Sol-Exp parece categorizar el discurso docente que tiende a mediar que el alumnado comparta ideas, y que se disponga a considerar distintos puntos de vista respecto a éstas. De hecho, esta relación con el principio de reciprocidad de la enseñanza dialógica puede verse reflejado en las categorías “*teacher asks students to provide evidence and examples*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63) y “*teacher asks students to relate evidence and explanations*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), las que han resultado ser categorías que categorizan el discurso docente en aquellos momentos en los que se pretende que el alumnado comparta, sobre todo, las versiones iniciales de sus ideas, o los resultados que han sido producto de un previo debate de éstas.

Por otro lado, la categoría demanda d’usar model “*demanar l’ús del model per predir o explicar un fenomen/experiment a través d’una pregunta clau*” (Garrido-Espeja, 2016, p. 136), ha sido relacionada por esta autora como una manera de mediar que el alumnado use o exprese sus ideas por primera vez, o luego de ser debatidas. Esta perspectiva es concordante con la categoría “*teacher asks students to formulate scientific explanations*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63) la que ha sido destacada por estas autoras como una estrategia que suele marcar el inicio o la continuación de intercambios de ideas, pensamientos, resultados, etc. entre alumnado y docente, que permite que la docente conozca el progreso actual de las ideas del alumnado.

Así mismo, otra categoría que respalda la tipología solicitar una explicación es la categoría “*teacher promotes students’ thinking by asking them to elaborate their responses (why, how)*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63). A través de esta categoría la docente utiliza las

ideas expresadas por el alumnado para dar paso a otras instancias que continúen proporcionando información sobre el progreso de sus ideas. Es decir, tal como mencionan Ruiz-Primo y Furtak (2007), las respuestas del alumnado a este tipo de preguntas funcionan como un trampolín que permite al profesorado desarrollar de manera oportuna nuevas preguntas o actividades que medien el progreso de sus ideas.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep8 IP SP19.

L103	D1: Entonces, la fuerza resultante, ¿cómo es?
L104	E: Es cero.
L105	D1: La fuerza resultante es cero.
L106	D1: Por tanto, la aceleración...
L107	E: Es cero.
L108	D1: Por lo tanto, ¿cómo es que el saltador aún continúa bajando? [<i>Refiriéndose al saltador luego de pasar por el instante en que $F_{el} = P$].</i>
L109	E: Porque porta la velocidad máxima y...
L110	D1: ¿Llevaba la velocidad máxima?
L111	E: Sí. Sí, me refiero a que justo en este punto de equilibrio, es un momento antes de que alcance la velocidad máxima.

El ejemplo anterior se desarrolla en torno a la idea que explica por qué el saltador continúa con su movimiento de descenso incluso después de pasar por un instante en que su aceleración fue cero. Además, cabe mencionar que los enunciados de la docente y del alumnado se desarrollan en torno a ideas, no incorporan la simulación para la descripción del fenómeno. Así, el enunciado L108 es aquel que es categorizado por la tipología Sol-Exp. A través de este enunciado y su pregunta, la docente abre la discusión para que el alumnado exprese sus ideas. Además, este enunciado es un hito que permite que la docente actualice el conocimiento con respecto a qué tan sofisticadas son las ideas del alumnado con respecto a la Primera Ley de Newton. Al ser la respuesta del alumnado cercana a aquella científicamente más aceptada, este enunciado funciona como un trampolín que permite a la docente continuar

con el cuestionamiento de ésta y otras ideas del alumnado. Así también, la pregunta que conforma el enunciado L108 es conformada por el adverbio interrogativo ¿cómo?, y por un verbo (ser) que es conjugado en el modo indicativo, tiempo presente, que señala que la acción expresada por el verbo ocurre en el mismo momento en el que la docente habla. Así también, cabe mencionar que otros enunciados del discurso docente que pueden ser categorizados por la tipología solicitar explicación pueden conformarse por preguntas que inician con adverbios interrogativos tales como ¿por qué? y ¿cómo?

8.1.1.5. Tipología solicitar una concreción (Sol-Concr).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de pedir al alumnado detalle, replanteamiento, refinamiento, especificación, profundización y/o aclaración de una idea que se ha mencionado previamente. Los enunciados que son categorizados con esta tipología suelen estar relacionados con alguna idea del alumnado previamente enunciada. Usualmente, los enunciados categorizados con esta tipología podrían ser categorizados con la tipología Sol-Des-Fen o Sol-Des-Int. Sin embargo, lo que diferencia los enunciados categorizados con la tipología Sol-Concr de los dos anteriores, es que esta tipología de acto comunicativo, generalmente, se relaciona directamente con ideas expresadas por el alumnado debido a un enunciado categorizado con alguna de las otras tipologías de la familia de acto comunicativo solicitar. Esto es debido a que a través de esta tipología, la docente suele buscar más detalle, aclaración y concreción en las ideas expresadas previamente por el alumnado. Así también, puede que haya ocasiones en las que los enunciados del discurso docente que son categorizados por esta tipología no cuestionen las ideas del alumnado, sino que cuestionan lo que el alumnado menciona. Así, esta tipología de acto comunicativo también

categoriza aquellos enunciados del discurso docente que solicitan la aclaración de lo enunciado por el alumnado cuando sus respuestas suelen ser ambiguas.

Esta tipología Sol-Concr es concordante con categorías propuestas en la literatura, tales como la categoría generalización, definición *“preguntas que piden «qué es» o las características comunes que identifican una categoría o clase. También pueden pedir la identificación o pertinencia de una entidad, fenómeno o proceso a un determinado modelo o clase”* (Roca et al., 2012, p. 105). Estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría en el enunciado *“¿Cómo es el ciclo del agua?”*. A través de esta categoría se suele categorizar el discurso docente que pretende que se cierren, condensen, etc. las ideas del alumnado, ya sea para acordar una idea que resuma ideas similares mencionadas por el alumnado, o para acordar una idea más sofisticada.

Así también, es concordante con las categorías demanda d'aclarir el model o explicació *“demanar refinar, detallar, especificar, aprofundir o aclarir les explicacions o expressions del model (en unes altres paraules, amb més detalls o aspectes, etc.)”* (Garrido-Espeja, 2016, p. 137), y la categoría qüestionament del model *“remarcant/demanant els límits del model”* (Garrido-Espeja, 2016, p. 136), donde esta autora ha ejemplificado el uso de la primera estas categorías con el enunciado *“Com has dit això, les partícules de gas...?”* *“exactament, qui fa aquesta força?”* y *“Després de veure la reacció, podries dir què era exactament la massa que faltava en l'ampolla oberta?”*. Mientras que la segunda de estas categorías ha sido ejemplificada con los enunciados *“Però no crema... [la benzina]”, “se n'ha anat, l'aire de l'ampolla?”* y *“És una cosa molt diferent a lo que era abans?”*. Tal como hemos mencionado previamente, cada una de estas citas podría ser categorizada por el acto

comunicativo Sol-Des-Int. Sin embargo, las preguntas que conforman estos enunciados se desarrollan en un contexto en el que se pretende que el alumnado concrete o detalle sus ideas. Además, ambas categorías han sido destacadas por la autora para mediar la participación del alumnado en prácticas científicas. En particular, los enunciados categorizados con la categoría demanda d'aclarir el model o explicació estan relacionados con la revisión de ideas del alumnado. Es decir, es relacionado a aquellos momentos en los que la docente media que el alumnado logre sofisticar sus ideas, o algún aspecto de ellas, para que estas sean más cercanas a aquellas didácticamente aceptadas. Mientras que los enunciados categorizados con la categoría qüestionament del model suelen asociarse al discurso docente que media la evaluación de las ideas del alumnado. Es decir, naturalmente, estos enunciados del discurso docente suelen ser propios de momentos de una actividad en la que el alumnado ya ha expresado inicialmente sus ideas, para luego ser cuestionadas. En este sentido, la categoría ask for elaboration or clarification "*probe/ask for clarification or elaboration or extension or example.*" (Hennessy et al., 2016, p. 23) y la categoría clarify/elaborate own contribution "*clarify, elaborate, exemplify or extend own opinion/idea/belief or question*" (Hennessy et al., 2016, p. 24) son concordantes con lo señalado previamente. Las autoras antes citadas han destacado que los enunciados categorizados por estas categorías median la fluidez del diálogo y el desarrollo de la actividad, y por lo tanto, de las ideas del alumnado. Además, estas categorías han sido relacionada por las autoras con el principio de colectividad, reciprocidad y de apoyo de la enseñanza dialógica. Es decir, respectivamente, los enunciados del discurso docente que son categorizados con esta tipología de acto comunicativo tienden mediar el trabajo colaborativo, tanto entre alumnado, como también entre alumnado y docentes; tiende a mediar que el alumnado comparta ideas, y que se disponga a considerar distintos puntos de

vista; y que en este proceso, lo hagan de tal manera que todos los participantes expresen sus ideas libremente, sin miedo a que dichas ideas puedan ser lejanas a aquellas ideas más sofisticadas, con la finalidad de alcanzar un común acuerdo en aquellas ideas.

Así mismo, la tipología Sol-Concr es coincidente con la categoría “*teacher asks students to provide potential or actual definitions*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), que estas autoras han descrito como una estrategia que, dentro de la continuidad de la interacción entre alumnado y docente, marca el inicio de nuevos intercambios de ideas que permiten que la docente conozca el progreso actual de las ideas del alumnado. Además, de acuerdo con el marco de la evaluación formativa, pareciera que el discurso docente que es categorizado con esta tipología es oportuno para concretar ideas que han surgido debido a enunciados categorizados con las tipologías solicitar una descripción.

Por otro lado, pero en la misma línea de las prácticas científicas que son mediadas por los enunciados categorizados por la tipología Sol-Concr, otra categoría que ha respaldado esta tipología es la categoría “*requests new detail or elaboration of the model*” (Williams & Clement, 2015, p. 98) que ha sido ejemplificada con el enunciado del discurso docente “*T: What happens to charge when it gets to the bulb?*”. Los autores han relacionado esta categoría a aquellos momentos en los que el profesorado pretende profundizar en las ideas que subyacen en los enunciados del alumnado. Así, es posible decir que la tipología parece mediar que el alumnado enuncie sus ideas y que la docente conozca el progreso de éstas con respecto a aquellas ideas científicamente más aceptadas. Además, a través de los enunciados del discurso docente categorizados con esta tipología de acto comunicativo, la docente media el cuestionamiento de las ideas del alumnado, y así también, categoriza aquellos enunciados

del discurso docente en los momentos que la docente media el refinamiento de unos pocos aspectos inadecuados (ya sean confusiones entre conceptos, o en la manera más acertada de referirse a estos).

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep10 PC EV19.

L13	D1: ¿Qué les parece este sistema?
L14	E: Un poco forzado.
L15	D1: ¿Un poco forzado?
L16	E: Frena en seco.
L17	D1: ¿Frenada en seco? ¿Eso creen?
L18	E: No, porque aprietas cuerda y el coche aún avanza.
L19	D1: Aún avanza realmente, no es tan en seco.
L20	E: Bueno. Es un poco duro, pero bueno.

El ejemplo anterior se desarrolla en torno a la discusión sobre qué simulación propuesta por los distintos pequeños grupos de estudiantes parece simular mejor la frenada de un coche. Así, los enunciados la L15 y L17 son aquellos que son categorizados por la tipología Sol-Concr, los que, tal como se ha mencionado previamente, no cuestionan las ideas del alumnado, sino que cuestionan lo que el alumnado menciona.

8.1.1.6. Tipología solicitar una ampliación (Sol-Amp).

Esta tipología la hemos definido como el acto en que la docente pide al alumnado la expresión de diferentes ideas, perspectivas de una misma idea, o la comparación entre estas. También considera la solicitud de expresión de la opinión propia del alumnado respecto a cierta idea. Así también, considera la solicitud de expresar analogías.

La tipología Sol-Amp es respaldada desde la literatura, con categorías como evaluación, opinión “*preguntas que piden la opinión o la valoración personal*” (Roca et al., 2012, p.

105), donde estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría para categorizar un enunciado del discurso docente tal como “*¿Qué piensas, opinas? ¿Qué es para ti más importante?*” (Roca et al., 2012, p. 105). En el estudio desarrollado por estas autoras, se ha destacado la nula presencia de preguntas vinculadas a la solicitud de la opinión del alumnado en los libros de texto. A su vez, las docentes han enfatizado en la importancia de enunciados que sean categorizados como solicitud de opinión, debido a que “*favorece la búsqueda y utilización de argumentos científicos para justificar o valorar opiniones propias*” (Roca et al., 2012, p. 111).

También existe una similitud con la categoría invite opinions/beliefs/ideas “*Invite the expression of opinions/ideas/beliefs/ knowledge from others*” (Hennessy et al., 2016) donde estas autoras han destacado la importancia de conocer la opinión del alumnado con respecto a cierta idea, aunque esta no se relacione con la respuesta más sofisticada. Estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con el enunciado del discurso “*What do you think?*”. Por otro lado, y en concordancia con la categoría de Roca et al. (2012), esta categoría es poco frecuente en el discurso de aula. Sin embargo, los enunciados que han sido categorizados con esta tipología, y en complemento con los enunciados categorizados con la tipología de acto comunicativo Sol-Concr, median la fluidez del diálogo y el constante desarrollo de la actividad. Además, al igual que en las citas de estas autoras que han respaldado el resto de tipologías de actos comunicativos, esta categoría ha sido relacionada por las autoras con el principio de colectividad y reciprocidad de la enseñanza dialógica discutido previamente. A pesar de no haber sido destacado por estas autoras, también consideramos que es concordante con el principio de apoyo.

Así también, es respaldada con la categoría “*teacher asks votes to acknowledge different students’ ideas.*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), que ha sido destacada por estas autoras como una estrategia presente en el discurso docente de un aula de indagación que media el reconocimiento de las ideas enunciadas por el alumnado, y el paso previo a aquel en el que las docentes utilizan las ideas enunciadas por el alumnado para mediar el desarrollo de nuevos escenarios de evaluación formativa. De esta misma forma, la categoría “*encouraging wider response*” (Kawalkar & Vijapurkar, 2013, p. 2013) categoriza enunciados del discurso docente propios de un aula de indagación. Además, el discurso docente que solicita ampliar las respuestas del alumnado media el constante desafío de las ideas del alumnado y la constante construcción de ideas de manera conjunta. Así también, cabe mencionar que estas autoras han definido esta categoría en tres conjuntos, donde cada uno de éstos contiene categorías agrupadas según el objetivo de los enunciados, y concordantes con distintas etapas de una actividad orientada por un diseño basado en la indagación. De hecho, esta perspectiva es respaldada por Garrido-Espeja (2016), quien asocia la categoría “*Demanda de la opinió pròpia*” (Garrido-Espeja, 2016, p. 136) a distintas fases de un taller. Así, la categoría “*encouraging wider response*” es asignada a tres conjuntos, donde el primero de éstos es llamado “*Exploring pre-requisites/setting the stage*” (Kawalkar & Vijapurkar, 2013, p. 2012) en el que el profesorado pretende establecer un escenario para el posterior desarrollo de las ideas del alumnado. Así, el discurso docente se conforma de preguntas abiertas que aluden a las experiencias personales del alumnado. Las autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con el enunciado “*Each of you think of an example of stagnant wáter*”. De hecho, esta perspectiva es aludida por la categoría link learning to wider contexts “*make links between what is being learned and a wider context*” (Hennessy et al., 2016, p. 26), que ha

sido descrita como una categoría a través de la que la docente pretende que el alumnado incorpore conocimientos de la cotidianeidad asociados a la idea que se pretende desarrollar. El segundo de éstos es llamado "*Generating ideas and explanations*" (Kawalkar & Vijapurkar, 2013, p. 2012) en el que el profesorado pretende estimular aún más el interés del alumnado, en conjunto con el desarrollo de ideas más concretas. Además, estos enunciados median que el alumnado participe en discusiones en las que defienden sus respectivos puntos de vista. Las autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con el enunciado "*Now each of you ask a question about mosquito larvae*". Y por último, el tercero de estos conjuntos es llamado "*Guiding the entire class towards the scientific concepts*" (Kawalkar & Vijapurkar, 2013, p. 2013) en el que el profesorado pretende guiar al alumnado hacia una conclusión acorde con las ideas científicamente más aceptadas. Las autoras han ejemplificado el uso de esta categoría para categorizar un enunciado del discurso docente tal como "*That is what SI thinks. I want everyone to answer*". Cabe mencionar que este último conjunto también es mediado por enunciados que son categorizados con la categoría "*encouraging students to take up a side*" (Kawalkar & Vijapurkar, 2013, p. 2013), donde estas autoras han ejemplificado el uso de esta categoría con el enunciado "*Do you agree with S7?*". Esta perspectiva es respaldada por la categoría "*requests additions or changes to the model*" (Williams & Clement, 2015, p. 99), que es relacionado con el discurso docente que pretende mediar el consenso de aquellas ideas que permiten comprender el fenómeno estudiado. De esta forma, el discurso docente categorizado con la tipología Sol-Amp permite conocer si las ideas menos sofisticadas del alumnado siguen persistiendo en el momento en que se pretende consensuar ideas con el alumnado. Así también, a través de enunciados del discurso docente que son como los ejemplos de Kawalkar y Vijapurkar (2013), la docente pretende que el

alumnado incorpore nuevas perspectivas que colaboren en el consenso de aquellas ideas que le permitan comprender el fenómeno estudiado.

Además, la tipología Sol-Amp es concordante con la estrategia de enseñanza “*requests an analogy*” (Williams & Clement, 2015, p. 98), ha sido relacionada con momentos de un diseño didáctico centrado en la modelización en los que el alumnado tiende a enunciar sus ideas intuitivas, o aquellas ideas que han sido resultado del progreso que han tenido éstas luego de ser discutidas. Es decir, la categorización de enunciados del discurso docente con categorías relacionadas a la solicitud de analogías podría estar presente tanto en los momentos iniciales de un diseño didáctico, en los que se utiliza la analogía como una herramienta que permite a la docente conocer las ideas iniciales del alumnado respecto a cierto fenómeno; o en los momentos centrales y finales de un diseño didáctico, en los que se utiliza la analogía como una herramienta para dar cuenta sobre cómo utilizar las ideas que permiten explicar el fenómeno estudiado de una manera más familiar para el alumnado. Así mismo, la categoría propuesta por Williams y Clement (2015) respecto a la solicitud de analogías, podría ser relacionada con la categoría “*requests additions or changes to the model*” (Williams & Clement, 2015, p. 99), donde estos autores han ejemplificado el uso de esta categoría para categorizar un enunciado del discurso docente tal como “*T: Can anybody think of a way to make the model better?*”. Esta categoría propuesta por Williams y Clement (2015) ha sido relacionada con aquellos momentos del desarrollo de un taller en los que ya es posible consensuar aquellas ideas que permiten comprender el fenómeno estudiado. Así, ambas categorías propuestas por Williams y Clement (2015) se orientan a categorizar el discurso

docente que solicita que se incorporen nuevas perspectivas que permitan entender el fenómeno estudiado, o sofisticar las ideas ideas del modelo.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep3 PC SP20.

- | | |
|-----|---|
| L20 | D2: ¿Alguien ha encontrado otra etapa entre medio? Digan. |
| L21 | E: La primera etapa es cuando el saltador cae libremente, la segunda es cuando la cuerda está estirada, pero no tensada, entonces cuando empieza a estirarse y acelera hacia arriba, y por lo tanto hay una desaceleración. |
| L22 | D2: Vale. Por el momento no nos interesan las aceleraciones, pero sí me interesa una idea que has introducido. |
| L23 | D2: Hay un momento en que la cuerda no está estirada del todo, pero aún no ha superado la longitud natural. |
| L24 | D2: Y por lo tanto no hay... |
| L25 | E: Aceleración. |
| L26 | D2: Más que aceleración, tensión, ¿sí? |

El ejemplo anterior se desarrolla en torno a la discusión sobre qué instantes podrían servir para describir y explicar el movimiento de descenso del saltador. Así, el enunciado L20 es aquel que es categorizado por la tipología Sol-Amp, el que, tal como se ha mencionado previamente, solicita al alumnado nuevas perspectivas de las ideas que se han mencionado en instancias anteriores de la discusión. En concreto, la docente parece pretender que el alumnado amplie sus respuestas respecto a los instantes e intervalos que permiten describir el movimiento de descenso del saltador. Además, tal como es posible apreciar en enunciados posteriores, la respuesta del alumnado al enunciado L20 medió que el alumnado introdujera una nueva idea que favorece el desarrollo de sus ideas. Es decir, a partir del enunciado L20, se ha generado una oportunidad en la que la docente puede continuar mediando el desarrollo de nuevas discusiones que pueden permitir el desarrollo y profundización de las ideas del alumnado. Consideramos necesario destacar que la docente parece saber desde un principio a qué idea pretende que el alumnado arribe. Esto es concordante con el principio de propósito

de la enseñanza dialógica. Es decir, la docente parece planificar y mediar el desarrollo de los diálogos con el alumnado teniendo en consideración las ideas más sofisticadas a las que se espera que arribe el alumnado.

8.1.2. Familia recuperar y sus respectivas tipologías de actos comunicativos (Rec).

Este acto comunicativo describe la acción en la que la docente media la conexión entre las ideas que alumnado y docente están abordando en cierto momento de una interacción, con aquellas que se han abordado en momentos previos de dicha interacción, o una interacción anterior a esta. Así, este acto comunicativo permite que el profesorado incorpore en los enunciados actuales, ideas previamente enunciadas por el alumnado (Garrido-Espeja, 2016; Hennessy et al., 2016; Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Además, media la recapitulación de las ideas que se han desarrollado hasta cierto momento de una interacción, permitiendo reconstruir de una manera más ordenada lo que ha mencionado el alumnado y las ideas que se han desarrollado durante una discusión (Hennessy et al., 2020, 2016; Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Así también, con este acto comunicativo la docente reconoce la participación del alumnado (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), y las ideas que enuncia como un progreso en la idea que se pretende desarrollar (Garrido-Espeja, 2016; Hennessy et al., 2016; Williams & Clement, 2015).

Esta familia de actos comunicativos destaca la importancia de conectar el pasado y presente de una discusión, y contextos que abarquen más que la interacción inmediata, aludiendo a previas contribuciones o aprendizajes que se puedan haber desarrollado durante una

interacción entre alumnado y docente (Hennessy et al., 2020). Así, este acto comunicativo parece ser relevante en un aula que se centra en la modelización, debido a que el cuestionamiento y/o evaluación de las ideas del alumnado requiere visitar en momentos clave aquellas ideas que han respaldado sus descripciones, explicaciones y/o predicciones sobre el fenómeno estudiado. De hecho, esto es enfatizado desde el marco de la evaluación formativa (Black & Wiliam, 2009; Sanmartí, 2010), el que destaca que el discurso docente debe orientarse por las ideas enunciadas por el alumnado, y además, debe ser oportuno para mediar el progreso de dichas ideas hacia aquellas científicamente más aceptadas. Por otro lado, esto es destacado desde el marco de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017), cuyo principio acumulativo destaca que el conocimiento es desarrollado de manera conjunta entre alumnado y docentes, y que estas se van conectando de manera coherente a lo largo de una clase. Esto incluso ha sido destacado por Hennessy et al. (2016), quien relaciona este principio de la enseñanza dialógica con la idea de conectar aquellas ideas que han sido enunciadas previamente por el alumnado, con aquellas que surgen en un instante posterior. En particular, destaca el discurso docente que revisita o recupera ideas que han sido enunciadas, y aquel que permite trazar el desarrollo de ideas hacia aquella a la que se pretende arribar.

8.1.2.1. Tipología recuperar para contrastar (Rec-Contr).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de recuperar ideas, fenómenos, o hechos que han sido enunciados por el alumnado, o por la misma docente, en un momento previo de una interacción, con la finalidad de compararlo y/o contrastarlo con alguna idea, fenómeno o hecho que surge del diálogo actual. Es decir, a través de esta

tipología se suele categorizar aquellos enunciados del discurso docente que enfrentan las ideas actuales del alumnado a las ideas que han mencionado en momentos anteriores.

Por otro lado, esta tipología es coincidente por categorías propuestas en la literatura, tales como la categoría “*compare/evaluate different opinions/perspectives/beliefs*” (Hennessy et al., 2016, p. 24), destacada por estas autoras como una categoría que media la evaluación y contraste entre las ideas del alumnado. Sin embargo, al parecer, esta categoría alude a la comparación de ideas en cierto momento acotado en el tiempo entre unos cuantos segundos. Es decir, la comparación de ideas no ocurre con respecto a lo que pudo haber sido enunciado durante discusiones anteriores. Así también, estas autoras ubican esta categoría junto con categorías que se agrupan en el conjunto “*positioning and coordination*” (Hennessy et al., 2016, p. 21). Con “*positioning*”, estas autoras se refieren a mediar, entre otras cosas, que el alumnado reconozca, de manera explícita, a qué idea adhieren para poder describir, explicar o predecir cierto fenómeno. Mientras que con “*coordinating*” estas autoras se refieren a mediar, entre otras cosas, que el alumnado resuelvan diferencias entre ideas propuestas, y que lleguen a consenso para lograr alcanzar un acuerdo. Además, tal como hemos visto con otras tipologías de acto comunicativo, estas autoras han relacionado “*positioning and coordination*” (Hennessy et al., 2016, p. 21) con el principio de apoyo de la enseñanza dialógica (Alexander, 2017). Sin embargo, a pesar de la relevancia destacada por las características de los enunciados que se relacionan con la tipología recuperar para contrastar, su presencia en el discurso docente tiende a ser baja.

También existe una equivalencia con las categorías “*teacher asks students to compare/contrast observations, data, or procedures*”, “*teacher ask students to*

compare/contrast others' ideas", "*teacher asks students to compare/contrasts others' definitions or ideas*" y "*teacher compares/contrasts students' responses to acknowledges and discuss alternative explanations conceptions*" (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63). A través de estas categorías, la docente puede orquestar nuevas discusiones que median el progreso de las ideas del alumnado hacia aquellas más sofisticadas. Así, el profesorado utiliza las distintas ideas que surgido en previas discusiones con el alumnado como un trampolín para continuar en la profundización de éstas. Al igual que con las categorías de Hennessy et al. (2016) que se clasificaban en los conjuntos "*positioning and coordination*" (Hennessy et al., 2016, p. 21), se espera que en las nuevas discusiones el alumnado debata y decida qué idea parece ser más adecuada para describir, explicar o predecir el fenómeno estudiado.

Así también, la tipología Rec-Contr es concordante con la categoría "*requests or provides a discrepant question or discrepant event*" (Williams & Clement, 2015, p. 99), que media el cuestionamiento de las ideas del alumnado en base a las mismas ideas mencionadas por sus pares. Esta categoría es concordante con la categoría *qüestionament del model "mostrant un desajust entre les proves/fenomen i model (Justi, 2009)"* (Garrido-Espeja, 2016, p. 136), donde esta autora ha ejemplificado el uso de esta categoría para categorizar los enunciados "*heu posat que està en equilibri? Però es mou una mica, no?*", y "*I per què no s'enfonsa, si la teva [força] guanya? Fes-ho*". Además, es posible mencionar que los enunciados del discurso docente categorizados con la categoría propuesta por estos autores y autoras podrían ser descritos por el conjunto "*positioning and coordination*" (Hennessy et al., 2016, p. 21), debido a que el profesorado motiva a que el alumnado se adhiera a alguna idea para poder

describir o explicar cierto fenómeno, y que, de esta forma, se resuelvan las diferencias entre las ideas propuestas.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep9 PC SP19.

- L42 D1: ¿Y que hace la velocidad en este tramo de aquí? *[Señalando en el dibujo de la pizarra con la trayectoria del saltador, aquel tramo comprendido entre los momentos en que la cuerda alcanza su longitud natural y aquel en que se igualan el peso y la fuerza elástica de la cuerda].*
- L43 E: Sigue aumentando.
- L44 D1: Pero si la aceleración, antes han dicho que comienza a disminuir *[Moviendo su mano hacia arriba frente a la pizarra para enfatizar el sentido de la aceleración asociada a la fuerza elástica].*
- L45 E: Da igual.
- L46 D1: ¿Da igual?
- L47 E: Aumenta más poco a poco.
- L48 D1: Aumenta más poco a poco, pero sigue aumentando, ¿vale? Aún lleva una aceleración, ¿vale? Muy bien.
- L49 D1: Entonces, a esto lo llamaremos tramo, porque todo esto afecta a todo este espacio, ¿vale?, de tiempo aquí *[Refiriéndose a aquel tramo comprendido entre los momentos en que la cuerda alcanza su longitud natural y aquel en que se igualan el peso y la fuerza elástica de la cuerda].*

En el ejemplo anterior la docente utiliza la pizarra y los movimientos de su mano para orientar las ideas del alumnado hacia aquellas que permiten describir cómo es la velocidad del saltador cuando éste se encuentra en aquel intervalo comprendido entre los instantes en que la cuerda alcanza su longitud natural, y aquel en que se igualan el módulo del peso y el módulo de la fuerza elástica de la cuerda. En particular, el enunciado L44 es aquel que es categorizado por la tipología Rec-Contr. A través de este enunciado la docente parece recuperar una idea científicamente menos aceptada expresada previamente por el alumnado con la finalidad de cuestionar sus actuales ideas. Es decir, la docente emplaza al alumnado para que éste decida si quedarse con la idea anterior, o con aquella que ha surgido actualmente. Esta idea recuperada por la docente pudo haber generado una instancia de debate entre el alumnado que se adhería la idea anterior, y aquel que aboga por la idea actual.

Sin embargo, el alumnado descarta la idea mencionada por la docente, y expresa claramente la idea más sofisticada para describir el movimiento del saltador en el intervalo estudiado.

8.1.2.2. Tipología recuperar para orientar (Rec-Orient).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de recuperar cierta idea, fenómeno, hecho, o una progresión de éstos, que han sido enunciados por el alumnado en instancias previas a cierta interacción entre alumnado y docente. La finalidad de esta tipología es que la docente oriente y recapitule la discusión (Michaels y O'Connor, 2015) a través de una trayectoria ordenada, continua y explícita hacia la idea que se pretende abordar. A través de esta tipología se suele categorizar aquellos enunciados del discurso docente que median que el alumnado ordene las ideas que han surgido en los momentos anteriores de una discusión que anteceden a un momento actual.

Esta tipología es coincidente por categorías propuestas en la literatura, tales como refer back “*refer back to prior contributions or observations or knowledge objects or discussions after contributions.*” (Hennessy et al., 2016, p. 26). Estas autoras han destacado que esta categoría es propia del discurso docente en el que se recupera una idea previamente mencionada o desarrollada. En esta misma línea, tal como la categoría refer back, pero considerando una recapitulación de una mayor cantidad de ideas, la categoría make learning trajectory explicit “*make learning trajectory explicit, providing continuity within and across lessons, including by highlighting relevance to prior or future activity.*” (Hennessy et al., 2016, p. 26), ha sido destacada por estas autoras por categorizar el discurso docente que permite recuperar de manera ordenada ideas que han sido relevantes para acercarse hacia aquellas más

sofisticadas. Así mismo, la categoría “*teacher makes connections to previous learning*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63) se asocia con el acto de vincular ideas previamente mencionadas con aquellas mencionadas en momentos actuales. Además, la recuperación de dichas ideas resulta en oportunas intervenciones durante las discusiones con el alumnado que parecen mediar el progreso de sus ideas otras más sofisticadas. Así también, en concordancia con lo previamente mencionado, una de las formas pedagógicas de intervención destacadas por Scott (1998) es la recapitulación. Esta intervención permite que la docente re-enuncie lo que ha sido resultado de una interacción entre alumnado y profesorado, de manera más ordenada y cercana a las ideas más sofisticadas que se desean desarrollar en clases.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep5 IP SP19.

- L52 D1: Pero, ¿qué está haciendo la aceleración? ¿Está aumentando? ¿Está disminuyendo?
- L53 E: Está... disminuyendo.
- L54 D1: En valor absoluto, sin el signo.
- L55 E: Disminuyendo.
- L56 D1: Está disminuyendo.
- L57 E: Sí.
- L58 D1: A ver, a ver, estamos en este punto [*Refiriéndose al momento en que hay equilibrio de las fuerzas involucradas*].
- L59 E: Sí.
- L60 E: Sí.
- L61 E: Sí.
- L62 E: Sí.
- L63 D1: Y estamos muy de acuerdo que la aceleración aquí es cero [*Refiriéndose al momento en que hay equilibrio de las fuerzas involucradas*].
- L64 E: Sí.
- L65 M: Entonces me han dicho que, en el siguiente punto [*Refiriéndose a la etapa comprendida entre los momentos en que hay igualación de fuerzas entre la fuerza elástica y el peso del saltador, y aquella en que la cuerda posee una longitud máxima*], después del punto de equilibrio, ¿qué me han dicho? Que la fuerza elástica es más grande que el peso, ¿me han dicho eso?
- L66 E: Sí, sí.
- L67 D1: Y que entonces aparece una aceleración.
- L68 E: Sí.
- L69 E: Sí. [*La respuesta del alumnado es casi al mismo tiempo*].
- L70 D1: Que era negativa, pero resulta que al final es positiva.
- L71 E: Sí.
- L72 E: Sí.

L73	D1: Porque entonces, ¿en qué sentido va? ¿hacia arriba o hacia abajo? [<i>Refiriéndose al sentido que posee la aceleración en la etapa comprendida entre los momentos en que hay igualación de fuerzas entre la fuerza elástica y el peso del saltador, y aquella en que la cuerda posee una longitud máxima</i>].
L74	E: Va hacia arriba.
L75	D1: Va hacia arriba.
L76	E: Sí.
L77	E: Sí.
L78	E: Según el sistema de referencia.
L79	D1: Vale, y entonces, ¿está aumentando o está disminuyendo esta aceleración... en valor absoluto?
L80	E: En un principio aumenta...

En el ejemplo anterior la docente cuestiona si el módulo de la aceleración del saltador disminuye luego de que éste pasa por el instante de equilibrio de fuerzas. Luego, a través de los enunciados L58, L63, L65, L67, y L70, la docente recupera y concatena de manera ordenada ideas previamente desarrolladas junto con el grupo de estudiantes con los que interactúa. Dichas ideas establecen la base de la pregunta que posteriormente es realizada por la docente al alumnado, cuya respuesta da cuenta del progreso de la idea que fue cuestionada en un principio. Así, el alumnado parece lograr entender que, a pesar de que la aceleración del saltador cambia de sentido, su módulo aumenta (L80).

8.1.2.3. Tipología recuperar para concluir (Rec-Concl).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de recuperar cierta idea que ha sido enunciada en instancias previas a cierta interacción entre alumnado y docente, con la finalidad cerrar la discusión a través de una conclusión. A través de esta categoría la docente suele mediar el desarrollo de momentos exclusivos para la síntesis de aquellas ideas científicamente más aceptadas.

Esta tipología de acto comunicativo es coincidente con las categorías promoción de la convergencia “*promoure la convergència d’idees per tal d’anar consensuant unes idees en comú, a través d’una pregunta o afirmació que busca trobar aspectes comuns*” (Garrido-

Espeja, 2016, p. 137), la que es ejemplificada por esta autora con enunciados que nosotros categorizaríamos con la tipología de acto comunicativo solicitar aclarar. Sin embargo, hemos querido enfatizar en el rol de los enunciados del discurso docente que tienen la función de mediar la convergencia de ideas que han sido desarrolladas durante previas interacciones con el alumnado. Por otro lado, esta autora ha destacado que esta categoría suele ser frecuente en el discurso de aula que media la revisión de ideas del alumnado.

En esta misma línea, la categoría *synthesise ideas* “*synthesise or summarise others' or collective ideas*” (Hennessy et al., 2016, p. 24), que ha sido destacada por estas autoras por categorizar el discurso docente que media la conexión entre ideas que han sido desarrolladas en momentos previos, para luego extraer y expresar implicancias, conclusiones, o ideas claves que favorecen el progreso de las ideas del alumnado hacia aquellas más sofisticadas. Así también, otra categoría de propuesta por estas autoras que hemos relacionado con Rec-Concl, es la categoría *reflect on learning process/purpose/value* “*comment/talk about the process of carrying out the collective activity or evaluate own performance. Or reflect on the importance, usefulness, purpose or outcomes of learning or of the task, as part of a collective activity*” (Hennessy et al., 2016, p. 25) que ha sido destacada por estas autoras como una categoría que categoriza el discurso docente que, entre otras cosas, media la reflexión sobre el progreso de las ideas y los resultados que se han obtenido del desarrollo del taller. Esta perspectiva es compartida por la categoría “*teacher helps students to achieve consensus*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), que ha sido destacada como una estrategia que ayuda al alumnado a alcanzar consenso sobre las ideas que se han desarrollado. Además media el cierre de continuas discusiones con el alumnado. Es decir, los enunciados del discurso

docente que son categorizados con esta tipología de acto comunicativo son oportunas intervenciones del profesorado que permiten hacer explícitas las ideas más sofisticadas que el alumnado debe haber alcanzado al finalizar una discusión.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep15 PC EV19.

- L161 D1: ¿Qué?, ¿cómo lo ven? ¿se ha quedado la fuerza en el coche?
L162 E: Tiene que llevar algo.
L163 D1: ¡Tiene que llevar algo! ¿no? Para seguir adelante. Vale.
L164 D1: Es decir, lo que está claro es que en el espacio si quisieran tirar este coche, seguiría hacia adelante y nomás hemos hecho fuerza...
L165 E: Al inicio.
L166 D1: Al inicio, ¿vale?
L167 D1: Por lo tanto, aquí la duda es, ¿se ha quedado aquí la fuerza o qué tiene aquí para tirar el coche hacia adelante?
L168 E: La velocidad.
L169 D1: La velocidad, ¿vale?,
L170 D1: En el coche no se queda la fuerza, la fuerza se hace, ¿vale?, las fuerzas se hacen, ¿vale? Es decir, en este caso, la fuerza la han hecho con la goma [*Toma el coche del montaje y la goma*] y ya no han hecho ninguna otra fuerza [*Separando las manos*], lo que no se ha acabado es la inercia, la velocidad inicial que nosotros le hemos donado, ¿vale?

En el ejemplo anterior el alumnado y la docente discuten sobre qué permite que el coche haga su movimiento de frenada (de ida), en el que no se ejerce ninguna fuerza sobre éste en el sentido de movimiento. Cabe mencionar que la idea de que una fuerza que es llevada por el coche ha sido descartada previamente por el alumnado. Así, luego de que el alumnado menciona que lo que lleva el coche es una velocidad cuyo módulo se va reduciendo mientras realiza la frenada, la docente recupera las ideas previamente desarrolladas junto con el alumnado, las interrelaciona, y concluye en aquella idea que se espera que el alumnado haya alcanzado. Es decir, que el coche no lleva una fuerza, sino que lleva una velocidad que ha sido resultado de la fuerza que le ha ejercido la goma cuando fue lanzado (L170). De esta forma, y tal como hemos destacado con las referencias de la literatura previamente expuestas, la docente recupera las ideas mencionadas por el alumnado, tanto las cercanas y lejanas a

aquellas científicamente aceptadas, y luego media que dichas ideas converjan hacia éstas últimas.

8.1.2.4. Tipología recuperar para enfatizar (Rec-Enf).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de destacar, inmediatamente, un hecho o una idea relevante que ha sido resultado de una interacción de la docente con el alumnado, o sólo del alumnado. Así, a través de esta tipología de acto comunicativo la docente suele destacar aquellas ideas enunciadas por el alumnado que parecen ser relevantes en el progreso de éstas. Además, el enunciado del discurso docente que es categorizado con esta tipología de acto comunicativo posee mayor énfasis que el resto de los enunciados, lo que es reflejado en la incorporación de detalles, especificaciones, etc. a la idea mencionada por el alumnado.

Esta tipología es coincidente con las categorías *destacament d'idees rellevants* del model *“ressaltar idees importants/rellevants pel model (stepping Stones) (Smith et al., 2010) respecte idees anecdòtiques/irrellevants”* (Garrido-Espeja, 2016, p. 136), *“Revoices students’ words (incorporates students’ contributions into the class conversation, summarizes what student said, acknowledge student contribution)”* (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), y la categoría *build on/clarify others' contributions “build on, clarify, revoice, elaborate, make explicit, highlight or transform contributions provided by other(s) or collective idea, opinion or reasoning”* (Hennessy et al., 2016, p. 23). A través de estas categorías, los enunciados del discurso docente reformulan lo mencionado por el alumnado, ya sea complementando, incorporando alguna idea, o ajustando lo que el alumnado ha

querido mencionar. Sin embargo, tal como menciona Hennessy et al. (2016), las incorporaciones de la docente que destacan, reformulan, complementan, o ajustan las ideas del alumnado no hacen que las ideas mencionadas por el alumnado cambien cualitativamente respecto a lo que ha sido mencionado por éstos. Así, esta tipología Rec-Enf puede ser asociada al conjunto “*Build on ideas*” (Hennessy et al., 2016), el que es conformado por categorías que categorizan enunciados que destacan contribuciones relevantes para el progreso de las ideas del alumnado. Además, cabe mencionar que esta tipología Rec-Enf excluye el parafraseo literal de lo que ha mencionado el alumnado.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep9 PC SP19.

L7	D1: Entonces, ¿cuál es el siguiente punto que han dibujado ustedes?
L8	E: Cuando la cuerda está en su longitud natural.
L9	D1: Exacto, cuando la cuerda está en su longitud natural.
L10	D1: Sí, ¿no?, es decir, desde este punto, estamos aquí [<i>Tomando la cuerda, el pote y la canica para mostrar dicho momento en que la cuerda posee la longitud natural</i>] el saltador justo comienza a saltar, y entonces llega a este momento, que es la longitud natural.

En el ejemplo anterior el alumnado y la docente dialogan sobre los instantes que han destacado para poder describir el movimiento de descenso del saltador. Luego de que el alumnado menciona que han considerado el instante en que la longitud de la cuerda que sostiene al saltador es la longitud normal, la docente reconoce lo mencionado por el alumnado (L9), para luego reaccionar a esto recuperando lo enunciado por el alumnado, y así enfatizando que el instante que han identificado para describir el movimiento de descenso del saltador es adecuado (L10). Además, la docente complementa dicho énfasis a través de la manipulación del montaje experimental, evidenciando aquel instante en que la longitud de la cuerda es la natural.

8.1.3. Tipología de acto comunicativo reconocer (Rev).

A diferencia de lo que sucede con los actos comunicativos agrupados dentro de la familia recuperar, existen muchos momentos en que el profesorado del REVIR simplemente reconoce o destaca inmediatamente una idea previamente verbalizada por el alumnado, simplemente repitiendo o parafraseando aquello que ha mencionado, sin enfatizar o modificar substancialmente el contenido del enunciado. La intencionalidad docente de repetir o parafrasear lo que ha dicho un estudiante promueve que este continúe el desarrollo de sus ideas. Al igual que el acto comunicativo recuperar, este acto comunicativo permite reconocer la participación del alumnado (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), y las ideas enunciadas como un progreso hacia aquellas que se pretenden desarrollar (Hennessy et al., 2016; Williams & Clement, 2015). Además, Williams y Clement (2015) destacan que cuando la docente parafrasea lo enunciado por el alumnado, se reconocen sus ideas, y permite que el resto del alumnado las escuche, dando paso a que el profesorado continúe mediando la interacción a través de otros actos comunicativos. Así, a pesar de las similitudes de este acto comunicativo con el acto comunicativo recuperar, desde el enfoque inductivo, hemos querido enfatizar en cómo el discurso docente en un taller centrado en la modelización parece incorporar frecuentemente el reconocimiento de las ideas del alumnado.

Por otro lado, desde el enfoque deductivo, en las estrategias del ciclo ESRU propuestas por las autoras Ruiz-Primo y Furtak (2007), las que median la evaluación formativa de las ideas del alumnado mientras participan en prácticas de indagación, la letra R del ciclo ESRU alude al “*Recognizing*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63) de las ideas enunciadas por el alumnado. Este reconocimiento ha sido caracterizado por ser un paso intermedio entre

aquellas estrategias del discurso docente que median que el alumnado enuncie sus ideas, y aquellas que utilizan dichas ideas para mediar la continua evaluación formativa de éstas. Además, las categorías “*build on, clarify, revoice, elaborate, make explicit, highlight or transform contributions provided by other(s) or collective idea, opinion or reasoning.*” (Hennessy et al., 2016, p. 23), “*repeats/paraphrases students’ words*” y “*captures/displays students’ responses/explanations*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63) son categorías que respaldan la agencia de la tipología reconocer. Así también, tal como menciona Hennessy et al. (2016), el reconocimiento de las ideas media una cultura de aula propia de una enseñanza dialógica. En particular, el reconocimiento de las ideas del alumnado es concordante con el principio de apoyo, el que enfatiza que el alumnado, en el proceso de compartir ideas y considerar distintos puntos de vista, participa de discusiones expresando sus ideas libremente y sin temor.

8.1.4. Familia aportar y sus respectivas tipologías de acto comunicativo (Ap).

La última familia de actos comunicativos definida es la de aportar. Este acto comunicativo describe una acción en la que la docente aporta ideas, información, perspectivas no consideradas por el alumnado, o ya consideradas en interacciones anteriores, que son necesarias para mediar el progreso de las ideas del alumnado (Hennessy et al., 2016; Ruiz-Primo & Furtak, 2007; Williams & Clement, 2015). Esta familia de actos comunicativos, al igual que la de solicitar, ha surgido, principalmente, desde el enfoque inductivo, debido a que el discurso de las docentes, sobre todo en los momentos de consenso de ideas con el

alumnado, pretenden incorporar la perspectiva didácticamente más aceptada que permite concretar el progreso de las ideas del alumnado. Así mismo, este acto comunicativo también ha sido destacado desde la literatura. En particular, el estudio de Williams y Clement (2015) ha destacado que las estrategias que el profesorado incorpora en su discurso pueden clasificarse según su acción. Así, estos autores mencionan que “*Most of our strategies begin with the wording ‘Requests or provides’ to reflect the idea that the teacher sometimes provides input instead of questioning*” (Williams & Clement, 2015, p. 101). Así, es posible establecer una biyección entre las acciones que son mediadas por las acciones *solicitar o aportar* del discurso docente.

8.1.4.1. Tipología aportar una descripción fenomenológica (Ap-Des-Fen).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de describir un fenómeno, un montaje experimental o un hecho concreto.

Esta tipología es coincidente con la categoría “*provides observations*” (Williams & Clement, 2015, p. 98), la cual promueve la descripción de eventos cotidianos, montajes experimentales, o hechos que pueden haber sido vistos por el alumnado en su entorno cotidiano o a través de plataformas audiovisuales. En particular, estos autores destacan la importancia de esta categoría debido a que media que la atención del alumnado se movilice hacia el fenómeno que es estudiado, o hacia algún aspecto de éste.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep3 PC SP20.

L31 D2: Aquí. Antes de que se tense, hay un momento que es clave, porque la cuerda pasa de estar plegada a alcanzar su longitud natural y después superamos esta longitud natural, ¿vale?

- L32 D2: Entonces, ahora me gustaría que uno de ustedes dejara caer el pote y que su compañero marque el momento más bajo al que llega el pote [*Un estudiante lo deja caer y otro estudiante marca el momento más bajo*], ¿vale? Preparados, listos, ya...
- L33 D2: Vale. Has puesto la mano en un nivel que el pote, luego de rebotar, rebotar, rebotar, se para.
- L34 D2: ¿Eso lo han visto, o no?
- L35 E: Sí.
- L36 D2: Es decir, el saltador llega más abajo que luego de todos los rebotes, ¿vale?

En el ejemplo anterior, el alumnado y la docente dialogan sobre un instante que es clave para poder describir y explicar el movimiento de descenso del saltador. Este instante es cuando el módulo del peso del saltador se iguala con el módulo de la fuerza elástica de la cuerda, el que se corresponde con el instante en que el saltador queda en reposo luego de haber hecho todos los rebotes. Para esto, la docente sugiere al alumnado identificar la posición más baja que alcanza el saltador luego de realizar su movimiento de descenso, para luego compararla con aquella en la que el saltador se queda quieto luego de haber saltado (L32). Posterior a esto, la docente describe lo que ha ocurrido (L33), para luego destacar que la posición final del saltador, luego de realizar todos los rebotes, es distinta a la posición más baja que alcanza el saltador en el primer rebote. Es decir, la docente media que el alumnado dirija su atención a la posición final del saltador luego de que éste realiza todos los rebotes, debido a que dicha posición se encuentra por sobre la posición más baja que alcanza el saltador.

8.1.4.2. Tipología aportar una descripción interpretativa (Ap-Des-Int).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de aportar la descripción de un fenómeno a través de sus propias ideas. Esta tipología, a diferencia de la anterior, categoriza aquellos enunciados del discurso docente que aportan una descripción del fenómeno estudiado a través de ideas, dejando las descripciones de lo que ocurre con los montajes experimentales, o con el fenómeno real, como un complemento de lo anterior.

Esta tipología Ap-Des-Int es concordante con la tipología “*provides observations*” (Williams & Clement, 2015, p. 98), la cual categoriza las observaciones, o descripciones que realizan las docentes a través de las ideas del modelo.

Por otro lado, esta tipología de acto comunicativo es concordante con la categoría introduce authoritative perspective “*explicitly introduce authoritative perspective or explanation as part of the flow of dialogic interaction, in response to participants' level of understanding*” (Hennessy et al., 2016, p. 27). Esta categoría se refiere al discurso docente que incorpora perspectivas didácticamente más aceptadas en el diálogo con el alumnado, que puede ser necesaria para mediar el progreso de sus ideas. Además, basados en esta categoría, es necesario mencionar que el discurso docente que es categorizado con esta tipología no surge de manera espontánea, sino que se encuentra vinculado a las ideas expresadas por el alumnado.

A continuación, se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep5 IP SP20.

L16	E: Aquí, ya comienza a haber tensión.
L17	D2: ¿Desde cuándo?
L18	E: Desde aquí [<i>Instante en que la cuerda alcanza su longitud natural</i>].
L19	D2: Y la tensión va aumentando.
L20	E: La tensión va aumentando en dirección así [<i>Mueve su mano en el sentido de descenso del saltador</i>].

En el ejemplo anterior, el alumnado y la docente dialogan sobre el instante en que la fuerza elástica de la cuerda empieza a ejercerse sobre el saltador. Luego de que el estudiante indica desde qué instante comienza a ejercerse la fuerza elástica sobre el saltador (L18), la docente aporta una descripción interpretativa en la que complementa lo enunciado por el alumnado, mencionando que dicha fuerza elástica va aumentando (L19). De esta forma, la docente introduce conceptos que no han sido incorporados en lo enunciado por el alumnado. De

hecho, esto es concordante con el principio de propósito de la enseñanza dialógica, ya que la docente suele incorporar conceptos necesarios para describir, explicar o predecir algún aspecto posterior del fenómeno estudiado. Posteriormente, la aportación hecha por la docente es confirmada por el estudiante (L20).

8.1.4.3. Tipología aportar una predicción (Ap-Pred).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de aportar una predicción con respecto al fenómeno estudiado luego de que se haya desarrollado cierto evento relacionado a dicho fenómeno.

Esta tipología Ap-Pred es respaldada por las categorías “*provides running a model for prediction or evaluation*” (Williams & Clement, 2015, p. 98), así como la categoría speculate or predict “*speculate, hypothesise, conjecture, imagine or express one or more different possibilities or theories.*” (Hennessy et al., 2016, p. 23), que categoriza aquellos enunciados del discurso docente que expresan diferentes posibilidades derivadas de las ideas que han sido discutidas, o de la actividad que se desarrolla.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep8 IP EV19.

- | | |
|-----|---|
| L6 | D1: Claro, pero no frenaría porque se haya apretado el freno, sino porque hay alguna cosa en la carretera que hace que el coche frene, ¿sí? |
| L7 | E: Sí. |
| L8 | D1: Pero claro, esto no nos interesa en la realidad, que el coche tire hacia atrás y que luego salga propulsado hacia adelante, ¿Sí? |
| L9 | E: Sí. |
| L10 | D1: Cuando frenemos, imaginemos que tiramos hacia atrás un trazo, y luego hacia adelante, chocaríamos con lo que está atrás de nosotros. |
| L11 | E: Bueno, podríamos poner algo en las ruedas. |
| L12 | D1: Bueno, les doy un tiempo más para que lo piensen y luego hacemos la puesta en común todos los grupos. |

En el ejemplo anterior, el alumnado y la docente dialogan sobre la manera más adecuada de simular la frenada de un coche de juguete a través del montaje experimental. Luego de que el estudiante indica cómo simularía la frenada del coche, la docente le menciona al alumnado qué pasaría con los coches si estos frenaran de manera similar a como lo han hecho a través de la simulación (L10). Así, el enunciado L10 es aquel que es categorizado por la tipología Ap-Pred, el que es conformado por el verbo chocar que es conjugado en el modo indicativo, tiempo condicional simple, el que es usualmente es usado para sugerir situaciones hipotéticas. Además, cabe mencionar que el enunciado categorizado con esta tipología y conjugado según el modo subjuntivo, tiempo pretérito imperfecto, podría ser escrito como: cuando frenemos, imaginemos que tiramos hacia atrás un trazo, y luego hacia adelante, puede que chocásemos/chocáramos con lo que está atrás de nosotros.

8.1.4.4. Tipología aportar una explicación (Ap-Exp).

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de aportar explicación, evidencia, justificación sobre cómo se sabe cierta idea, característica, diferencia, cambio, fenómeno, hecho, etc.

Esta tipología es coincidente con la categoría “*teacher helps relate evidence to explanations*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63). Tanto en el momento de profundizar en las ideas enunciadas por el alumnado a través de nuevos ciclos ESRU, o ya sea para mediar el consenso de ideas del alumnado, esta tipología de acto comunicativo categoriza el discurso docente que relaciona las descripciones, explicaciones y/o predicciones del alumnado, con el fenómeno estudiado, o con las simulaciones realizadas a través de los montajes experimentales. Además, en esta misma línea, la categoría “*provides evidence to support or*

refute a model” (Williams & Clement, 2015, p. 98), ha sido relacionada a aquellos momentos del taller que son posteriores a aquellos momentos en los que se cuestionan las ideas del alumnado. Es decir, la tipología Ap-Exp, usualmente acompaña aquellos momentos de consenso de aquellas ideas que permiten describir, explicar o predecir el fenómeno estudiado. A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep8 PC SP20.

- L41 D2: Cuando llega al momento de elongación máxima, ¿cómo es la aceleración?
L42 E: Es cero.
L43 D2: Pero en valor absoluto.
L44 E: Es máxima.
L45 E: ¿Por qué es máxima?
L46 D2: Es máxima porque desde el momento en que se equilibran las fuerzas, hasta el momento de elongación máxima, la aceleración va aumentando.
L47 E: Pero la aceleración que le ejerce la cuerda puede ser menor que la de la gravedad.
L48 D2: Yo les informo que la aceleración que le ejerce la tensión de la cuerda es mayor que la de la gravedad cuando está estirada al máximo.
L49 D2: Piensen que lo que el saltador acelera hasta el punto de equilibrio, lo ha de perder en el corto tramo cuando la fuerza elástica es mayor que el peso. Por lo que la aceleración negativa debe ser más grande que la anterior, ¿sí? Entonces esto hace que la aceleración del saltador en el último instante, es máxima. ¿Alguna duda?

En el ejemplo anterior el alumnado y la docente dialogan sobre cómo es la aceleración del saltador cuando éste alcanza la posición más baja luego de saltar. Luego de que el estudiante menciona que la aceleración del saltador es máxima en aquel instante (L44), éste pregunta ¿por qué es máxima? (L45). A lo que la docente responde con las explicaciones por las que es posible afirmar que la aceleración del saltador es máxima cuando éste alcanza la posición más baja luego de saltar (L46 y L49). Además, cabe mencionar que los enunciados categorizados por la tipología aportar una explicación perteneciente a la familia del acto comunicativo aportar puede conformarse por las conjunciones causales: porque, ya que, para que, por lo que, etc., las que establecen una relación causa-efecto entre las dos frases u oraciones que son relacionadas a través de la respectiva conjunción. Así, en la L46 la docente

afirma que la fuerza máxima de la cuerda elástica se ejerce cuando el saltador alcanza la posición más baja, y así también expone la causa por la que es posible realizar dicha afirmación. Así mismo, en el enunciado de la L49 la docente relaciona el cambio de sentido de la aceleración del saltador luego de que éste pasa la posición de equilibrio de fuerzas, con el hecho de que esta aceleración frena al saltador, incluso haciendo que éste, posteriormente, se devuelva hasta alcanzar la posición de equilibrio de fuerzas.

8.1.4.5. Tipología aportar una concreción (Ap-Concr)

Esta tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de otorgar detalle, replanteamiento, refinamiento, especificación, profundización y/o aclaración de una idea que se ha menciona previamente.

Esta tipología es coincidente con las categorías “*provides additions or changes to the model*”, “*provides differentiation between elements of models*” y “*provides repair to or refinement of the language describing the model*” (Williams & Clement, 2015, p. 99). Estos autores han relacionado estas categorías, principalmente, con aquellos momentos de una clase en los que la docente proporciona un cambio, ajuste, o modificación a las ideas que han sido enunciadas por el alumnado. Así, a pesar de que la docente aporte aclaraciones de ideas durante las interacciones con el alumnado, los enunciados que son categorizados por la tipología Ap-Concr median el desarrollo de una cultura de aula orientada por los principios recíproco y de apoyo de la enseñanza dialógica. De hecho, tal como ejemplifican estos autores con un enunciado del discurso docente “*I think that maybe what’s going on is...*” (Williams & Clement, 2015, p. 89) que median el desarrollo inicial de las ideas del alumnado, o median la continuación del desarrollo y profundización de ésta, las aportaciones que

realizan las docentes, más que cambiar o modificar las ideas del alumnado, sugieren ideas que colaboran en el desarrollo de aquellas del alumnado.

Así mismo, esta perspectiva es concordante con la categoría *clarify/elaborate own contribution* “*clarify, elaborate, exemplify or extend own opinion/ idea/belief or question*” (Hennessy et al., 2016, p. 24), la que es descrita por estas autoras como aquella que categoriza el discurso docente que incorpora algo a lo enunciado por el alumnado, pudiéndolo cambiar cualitativamente. Finalmente, esta perspectiva es concordante con la categoría “*clarifies/elaborates based on students’ responses*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), la que enfatiza en aquellos enunciados del discurso docente que aclaran o ajustan las ideas mencionadas por el alumnado.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D1) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep9 PC SP19.

- L32 D1: Por tanto, ¿qué pasa aquí con la aceleración?
L33 E: Comienza a disminuir.
L34 D1: ¿Comienza a disminuir? ¿sí? Claro, aquí hemos dicho, que entre estos dos puntos [*Señalando en el dibujo de la pizarra el momento en que el saltador acaba de saltar y el momento en que la cuerda alcanza su longitud natural*], la aceleración era sólo la de la gravedad, pero en este momento, comienza a haber una fuerza en sentido contrario.
L35 D1: Por tanto la aceleración... [*Apuntando hacia el cielo con el dedo para enfatizar el sentido de la fuerza elástica*].
L36 E: Disminuye.
L37 D1: Disminuye, ¿vale?,
L38 D1: Esto es lo que querían decir sus compañeros con una flecha. Disminuye en módulo, ¿vale?

En el ejemplo anterior, el alumnado y la docente dialogan sobre cómo es la aceleración del saltador cuando este se encuentra en el intervalo que es definido entre el instante en que la fuerza elástica de la cuerda comienza a aumentar, y el instante en que el módulo del peso del saltador se iguala con el módulo de la fuerza elástica de la cuerda. Luego de que el estudiante menciona que el módulo de la aceleración del saltador disminuye en dicho intervalo (L36),

la docente reconoce lo mencionado por el alumnado (L37), y luego aclara que la flecha que un grupo de estudiantes dibujó, representa la disminución del módulo de dicha aceleración (L38). Tal como es posible ver en el enunciado L38, la aportación de la docente se encuentra relacionada a la respuesta que ha sido reconocida por la docente. Es decir, tal como hemos visto en la discusión de categorías que respaldan la tipología Ap-Concr, la docente aclara y complementa una idea que el alumnado ya ha mencionado.

8.1.4.6. Tipología aportar una ampliación (Ap-Amp)

Esta penúltima tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de manifestar diferentes ideas, fenómenos, hechos, o distintas perspectivas respecto a éstas. Además, esta tipología categoriza el discurso de la docente cuando realiza el acto de aportar la opinión propia respecto a cierta idea, y también considera cuando la docente realiza el acto de aportar analogías.

Una de las categorías que respalda la tipología Ap-Amp es la categoría demanda o aportación d'altres dades *“proposar un experiment mental (Justi, 2009) per seguir pensant o qüestionant si les idees del model es compleixen en altres situacions o anar ampliant els fenòmens explicats pel model”* (Garrido-Espeja, 2016, p. 136). Esta autora relaciona esta categoría a aquellos momentos en los que la docente media la puesta a prueba de las ideas del alumnado, y ejemplifica esta categoría con el enunciado *“Si hi poses pedres a dins del got, també s'enfonsa?”* (Garrido-Espeja, 2016, p. 136), donde es posible ver que la pregunta del ejemplo, que amplía el contexto en el que desarrolla la discusión con el alumnado, puede dar lugar a un discurso docente que solicita predicciones al alumnado. Es decir, la puesta a prueba de las ideas del alumnado puede llevarse a cabo a través de la ampliación del diálogo

con el alumnado, a través de la incorporación de experimentos mentales que pueden ser complementados por un discurso docente que profundice en las ideas del alumnado aplicadas a un contexto distinto del actual fenómeno estudiado. En este mismo sentido, los autores Williams y Clement (2015) mencionan que la categoría “*provides an analogy*” (Williams & Clement, 2015, p. 98) es asociada al discurso docente que media que el alumnado enuncie sus ideas iniciales, al proponer contextos familiares cuyos elementos, propiedades, características, etc., puedan relacionarse con ideas más abstractas. Así, el discurso docente que es categorizado con esta tipología parece ser transversal en los talleres de ciencia centrados en la modelización, debido a que media tanto el uso y expresión de las ideas iniciales del alumnado, como también el consenso y la revisión de dichas ideas. También se puede respaldar esta tipología de acto comunicativo con la categoría “*provides additions or changes to the model*” (Williams & Clement, 2015, p. 99), en la que enfatizamos en la característica de aportar nuevos detalles o nuevas perspectivas de una idea que se ha ido desarrollando.

Por último, esta tipología también es respaldada por la categoría *link learning to wider contexts* “*make links between what is being learned and a wider context*” (Hennessy et al., 2016, p. 26), que ha sido descrita por estas autoras como una categoría en la que la docente puede incorporar conocimientos de la cotidianeidad asociados a la idea que se pretende desarrollar, o al fenómeno estudiado. Así, la finalidad del discurso docente que es categorizado con la tipología Ap-Pred se puede asociar a la incorporación de nuevos contextos para justificar ideas, o la incorporación de nuevas perspectiva que colaboren en el desarrollo de éstas.

A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep8 PC SP20.

- L19 D2: Es decir, es verdad que sobre el saltador en el tramo 2 actúa el peso que le ejerce una aceleración, pero también está presente la tensión que hace variar la aceleración del saltador. Por esto, la aceleración que actúa sobre el saltador deja de ser sólo la de la gravedad, ¿vale?
- L20 D2: Un ejemplo que les puede servir para comprender mejor esta idea es el siguiente. Imagínense que cada año yo me hago 10.000 € más rica. Pero cierto año, me pasa que, en lugar de ganar 10.000 €, gano 5.000 €.
- L21 D2: ¿Me he hecho más rica? ¿o más pobre?
- L22 E: Más rica.
- L23 D2: ¿Por qué? ¿Qué me está pasando?
- L24 E: Porque ganas menos.
- L25 E: Te haces rica más lentamente.
- L26 D2: Exacto. Me sigo haciendo más rica, pero más lentamente.

En el ejemplo anterior, el alumnado y la docente discuten sobre cómo es la aceleración del saltador cuando este se encuentra en el intervalo que es definido entre el instante en que el módulo de la fuerza elástica de la cuerda comienza a aumentar, y el instante en que el módulo del peso del saltador se iguala con el módulo de la fuerza elástica de la cuerda. En particular, el diálogo trata sobre cómo el módulo de la velocidad saltador puede continuar aumentando en el sentido de descenso, a pesar de que el módulo de la fuerza elástica de la cuerda aumenta en sentido contrario a éste. En el ejemplo de la L19, la docente enfatiza en que el módulo de la aceleración del saltador disminuye debido al aumento del módulo de la fuerza elástica de la cuerda, pero su sentido continúa siendo en el sentido de descenso del saltador, ya que el módulo de la fuerza elástica de la cuerda es menor que el módulo del peso del saltador. Siendo esta la explicación por la que el módulo de la velocidad del saltador continúa aumentando, pero a una menor razón en comparación a cuando el movimiento del saltador era de caída libre. Para ayudar a entender esto, la docente amplía el contexto a través del enunciado L20, a través del que establece una relación entre cantidad de dinero ganada por año y el módulo de la aceleración del saltador. De esta manera, el alumnado parece lograr entender que, a

pesar de que la cantidad de dinero que cierta persona gana por año, se reduzca (es decir, a pesar de que disminuya el módulo de la aceleración), la persona igualmente continúa ganando dinero (es decir, el módulo de la velocidad continúa aumentando y su sentido continúa siendo el mismo). Así, esta aportación otorgada por la docente ha permitido que el alumnado pueda recurrir a un conocimiento con el que puede estar más familiarizado, que le ha permitido entender una idea que, regularmente, provoca dificultades debido a la confusión que existe en torno a las ideas de fuerza, velocidad y aceleración.

8.1.4.7. Tipología aportar una pista (Ap-Pista).

Esta última tipología la hemos definido como el acto que hace la docente de aportar una sugerencia a través de un enunciado que incluya un concepto, una idea, hecho, etc. que el alumnado podría considerar para que sus ideas progresen.

Esta tipología coincide con las categorías “*hinting*” (Kawalkar & Vijapurkar, 2013, p. 2012) y “*provides descriptive or helpful feedback*” (Ruiz-Primo & Furtak, 2007, p. 63), la cual se relaciona con aquellos momentos de una instrucción centrada en la indagación en los que la docente, a través de sus enunciados, media que el alumnado desarrolle sus ideas iniciales sobre algún aspecto del fenómeno. Así, en aquellos momentos, los enunciados del discurso docente suelen desafiar las ideas del alumnado a través de enunciados que les permitan reflexionar en torno a sus ideas. Esto es respaldado por Hattie y Timperley (2007) quienes afirman que las pistas son útiles cuando median que el alumnado rechace ideas científicamente menos sofisticadas, y proporcionan una dirección para la búsqueda y la elaboración de versiones más cercanas a las didácticamente aceptadas. Así, el discurso docente puede estar conformado aportaciones de pistas que orientan las ideas del alumnado

hacia otros aspectos del fenómeno o cuestiones sobre sus ideas, que median la reflexión y el posterior progreso de éstas. Por esto, el discurso docente que es categorizado por esta tipología, usualmente acompaña las ideas del alumnado mientras éstas se están desarrollando. A continuación se presenta parte de un diálogo entre la docente (D2) y el alumnado (E) que ocurre durante el episodio cuyo código es Ep5 PC EV20.

- L3 D2: En este caso, ¿a qué equivaldría esto en la realidad? ¿a que yo voy por la autopista y aprieto el pedal del freno? ¿O a que yo dejo de apretar el acelerador y el coche va frenando progresivamente?
- L4 E: Sería como si dejara de apretar el acelerador.
- L5 D2: Sí, ¿cierto?
- L6 D2: Y en ese caso, ¿qué hace que el coche frene?
- L7 E: La fuerza de rozamiento.
- L8 D2: ¿Y si no existiera esta fuerza de rozamiento?
- L9 E: El coche seguiría sin frenar.
- L10 D2: El coche no frenaría y no pararía.
- L11 D2: Entonces, como estábamos intentando reproducir el movimiento de frenada, hay que buscar algo que actúe como freno, además de la fuerza de roce que siempre está presente.
- L12 D2: Por lo tanto, ¿alguien tiene alguna otra propuesta que no sea aquella que permite representar la frenada del coche?
- L13 E: [*Estudiantes murmuran*] Yo no he visto otra.

En el ejemplo anterior, el alumnado y la docente dialogan sobre cómo simular la frenada de un coche a través del montaje experimental del taller EV. En particular, el diálogo es sobre la simulación de frenada que ha sido propuesta por un grupo de estudiantes, y cómo ésta se corresponde con lo que ocurre en la realidad. La simulación propuesta por el alumnado ha sido, básicamente, dejar que el coche de juguete frene debido a la fuerza de roce. Debido a esto, D2 cuestiona lo propuesto por el alumnado (L3), y el alumnado se percató de que la simulación propuesta representaría que el coche frenaría debido a que quien conduce el coche deje de apretar el acelerador (L4). Posteriormente, en la L11, D2 aporta una pista mencionando que el alumnado utilice alguna parte del montaje experimental como freno que permita simular la frenada del coche, y que, de esta manera, la simulación propuesta se aproxime más a una frenada de coche en el mundo real. Es decir, la pista otorgada por la

docente fomenta que el alumnado rechace la manera en que han utilizado el montaje experimental para simular la frenada de un coche, y además, sugiere que utilicen otro de los materiales disponibles del montaje experimental para simular el freno del coche, y que además este sea fiel a lo que ocurre en una frenada de coche en la carretera.

8.2. ¿Cuál es la prevalencia de las tipologías de actos comunicativos en el discurso docente durante los talleres REVIR?

Hasta ahora hemos definido las familias de actos comunicativos y cada una de sus tipologías que categorizan el discurso docente. Además, cada una de estas tipologías las hemos relacionado a tres de las cuatro familias de actos comunicativos: solicitar, recuperar y aportar. Sin embargo, hemos descrito las características de los enunciados que conforman el discurso docente en el contexto de los talleres REVIR de manera aislada. Así, desde el recuento de las tipologías de actos comunicativos en las fases de la instrucción de cada taller REVIR (tabla 8.2.a), contamos los enunciados del discurso docente que son categorizados por los actos comunicativos y sus respectivas tipologías durante cada taller REVIR (sub apartado 8.2.1). Por otro lado, basándonos en lo enunciado por Colley y Windschitl (2020), un análisis exhaustivo del el discurso docente implica analizar cómo es éste a lo largo de cierto periodo de tiempo. Por lo tanto, también hemos contado y representado la distribución de frecuencias relativas de los enunciados que con categorizados por las tipologías y los respectivos actos comunicativos durante las fases de la instrucción de los talleres REVIR (sub apartado 8.2.2).

Tabla 8.2.a. Frecuencia absoluta (n_i) de tipologías de actos comunicativos que categorizan los enunciados que conforman el discurso docente en los talleres SP19, EV19, SP20 y EV20, durante sus respectivas fases de la instrucción: familiarización (F), discusión (D), y consenso (C).

AC	Tipologías de AC	Talleres REVIR											
		SP19			EV19			SP20			EV20		
		F	D	C	F	D	C	F	D	C	F	D	C
		n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i	n_i
Solicitar	Sol-Des-Fen	15	4	4	2	0	0	0	1	0	1	4	0
	Sol-Des-Int	0	74	30	8	32	34	4	34	18	4	32	16
	Sol-Pred	0	15	1	1	2	5	0	10	2	1	4	3
	Sol-Exp	0	8	4	10	4	11	1	2	3	4	40	17
	Sol-Concr	2	47	7	24	18	27	3	28	8	7	55	9
	Sol-Amp	1	1	2	18	5	20	2	4	4	3	13	29
	Total solicitar	18	149	48	63	61	97	10	79	35	20	148	74
Recuperar	Rec-Contr	0	3	1	0	4	3	1	5	4	0	5	4
	Rec-Orient	0	18	0	0	0	1	3	9	4	0	6	1
	Rec-Concl	0	4	6	1	2	11	2	5	1	1	3	5
	Rec-Enf	1	7	7	1	2	9	1	1	3	1	11	9
	Total recuperar	1	32	14	2	8	24	7	20	12	2	25	19
Rev-Rcon	19	87	26	28	29	55	4	42	13	11	56	40	
Aportar	Ap-Des-Fen	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0
	Ap-Des-Int	1	9	3	0	3	2	2	5	6	2	5	2
	Ap-Pred	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ap-Exp	0	1	3	2	0	4	1	2	3	0	4	2
	Ap-Concr	3	21	2	14	11	12	4	12	11	2	8	13
	Ap-Amp	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	3
	Ap-Pista	4	3	1	7	0	1	1	2	3	1	5	0
	Total aportar	9	35	9	25	15	20	10	22	24	5	24	20
Total	47	303	97	118	113	196	31	163	84	38	253	153	

8.2.1. Prevalencia de tipologías de actos comunicativos según el taller.

En este sub apartado hemos presentado los resultados que pretenden dar respuesta a la pregunta: ¿cómo es la prevalencia de las tipologías y las familias de actos comunicativos en el discurso docente en los talleres REVIR? Para abordar la respuesta a esta pregunta, hemos

recurrido a la figura 7.2.a del sub apartado 7.2.1, y la categorización de enunciados del discurso docente a través de los actos comunicativos y sus respectivas tipologías. Así, hemos obtenido la tabla 8.2.b, en la que es posible apreciar las frecuencias absolutas y relativas porcentuales de los actos comunicativos y sus respectivas tipologías que categorizan el discurso docente en cada uno de los talleres REVIR.

Tabla 8.2.b. Frecuencia absoluta (n_i) y relativa porcentual (f_i) de actos comunicativos y respectivas tipologías que categorizan los enunciados que conforman el discurso docente en los talleres SP19, EV19, SP20 y EV20.

AC	Tipologías de AC	Talleres REVIR								Total	
		SP19		EV19		SP20		EV20			
		n_i	f_i	n_i	f_i	n_i	f_i	n_i	f_i	n_i	f_i
Solicitar	Sol-Des-Fen	23	5%	2	0%	1	0%	5	1%	31	2%
	Sol-Des-Int	104	23%	74	17%	56	20%	52	12%	286	18%
	Sol-Pred	16	4%	8	2%	12	4%	8	2%	44	3%
	Sol-Exp	12	3%	25	6%	6	2%	61	14%	104	7%
	Sol-Concr	56	13%	69	16%	39	14%	71	16%	235	15%
	Sol-Amp	4	1%	43	10%	10	4%	45	10%	102	6%
	Total solicitar	215	48%	221	52%	124	45%	242	55%	802	50%
Recuperar	Rec-Contr	4	1%	7	2%	10	4%	9	2%	30	2%
	Rec-Orient	18	4%	1	0%	16	6%	7	2%	42	3%
	Rec-Concl	10	2%	14	3%	8	3%	9	2%	41	3%
	Rec-Enf	15	3%	12	3%	5	2%	21	5%	53	3%
	Total recuperar	47	11%	34	8%	39	14%	46	10%	166	10%
Rev-Rcon		132	30%	112	26%	59	21%	107	24%	410	26%
Aportar	Ap-Des-Fen	2	0%	1	0%	3	1%	1	0%	7	0%
	Ap-Des-Int	13	3%	5	1%	13	5%	9	2%	40	3%
	Ap-Pred	0	0%	1	0%	0	0%	0	0%	1	0%
	Ap-Exp	4	1%	6	1%	6	2%	6	1%	22	1%
	Ap-Concr	26	6%	37	9%	27	10%	23	5%	113	7%
	Ap-Amp	0	0%	2	0%	1	0%	4	1%	7	0%
	Ap-Pista	8	2%	8	2%	6	2%	6	1%	28	2%
	Total aportar	53	12%	60	14%	56	20%	49	11%	218	14%
Total		447		427		278		444		1596	

A partir de la tabla 8.2.b podemos decir que en los distintos talleres REVIR, cada uno de los actos comunicativos, y sus respectivas tipologías, no ocurren con la misma frecuencia. En general, las frecuencias relativas de algunos actos comunicativos, y sus respectivas tipologías, son diferentes en los distintos talleres REVIR. De esta forma, hay algunos actos comunicativos, y respectivas tipologías, que tienen mayor protagonismo en un taller u otro. Por ejemplo, la familia solicitar es la más frecuente durante los talleres REVIR. Su frecuencia relativa es superior a las de todo el resto de los actos comunicativos, siempre por sobre el 45%. Sus tipologías, tales como Sol-Des-Int y Sol-Concr destacan en cada uno de los talleres. De esta forma, al ser estas dos tipologías de la familia solicitar las más frecuentes en los talleres REVIR, intuimos que hay una relación que subyace entre ambas tipologías que posteriormente intentaremos dilucidar.

Por otro lado, de acuerdo al marco de prácticas de modelización, cuando el alumnado participa de dichas prácticas, construye modelos didácticamente aceptados para describir, explicar y predecir el fenómeno estudiado. Así, esperaríamos que en un taller experimental de ciencias centrado en la modelización, tal como lo es el taller REVIR, tipologías como Sol-Des-Int, Sol-Exp, y Sol-Pred, fueran las más presentes. Sin embargo, las tipologías Sol-Exp y Sol-Pred no tienen tanta presencia. Esto puede ser debido a que, tal como hemos mencionado con respecto a estas tipologías en el sub apartado 8.1.1, consideramos que las tipología Sol-Exp y Sol-Pred, tal como mencionan Williams y Clement (2015), se relacionan con aquellas instancias de los talleres en que se cuestionan la ideas del alumnado. Así, esperaríamos que dichas tipologías se relacionen con momentos de los talleres REVIR en los que se promueven dichas instancias, tal como puede ser la práctica de evaluación de ideas del modelo. Además, con respecto a la tipología Sol-Exp, puede que su función sea replicada

a través de la articulación de otras tipologías de acto comunicativo, tal como puede ser otras tipologías de la familia solicitar, e incluso junto con tipologías de la familia recuperar.

Por otro lado, la cultura de aula de los talleres REVIR promueve un espacio en el que las contribuciones del alumnado son consideradas como legítimas aportaciones que, de alguna manera u otra, colaboran en la consecución de ideas más sofisticadas. De esta forma, no es de extrañar que la tipología de acto comunicativo reconocer tenga una frecuencia relativa protagónica en cada taller. Tal como hemos discutido en el sub apartado 8.1.3, esta tipología es responsable de la continuidad de las discusiones, de la vinculación del alumnado en las ideas propuestas por sus pares, y, por lo tanto, de los progresos de las ideas del alumnado.

La familia aportar, con excepción del taller REVIR SP20, tiende a tener una frecuencia relativa en torno al 10%. La baja frecuencia de esta familia de actos comunicativos nos da a entender que se refuerza el protagonismo del alumnado y sus ideas. Desde el marco de la evaluación formativa, el profesorado es quien interpreta y orienta las ideas del alumnado hacia su sofisticación (Black & Wiliam, 2009, Sanmartí, 2010), mas no las corrige imponiendo las ideas científicamente aceptadas. De hecho, en concordancia con todo lo anteriormente expuesto, la tipología de acto comunicativo más frecuente en todos los talleres REVIR estudiados es Ap-Concr, la cual se caracteriza por mediar la continuidad, desarrollo y profundización de las ideas del alumnado, y a su vez, se caracteriza por otorgar una perspectiva experta respecto a las ideas que han ido progresando.

Con respecto a la familia recuperar, su frecuencia relativa es la más baja. A diferencia de las familias de actos comunicativos anteriores, sus tipologías varían más. Esto lo hemos asociado a que esta familia de actos comunicativos se relaciona, principalmente, con aquellos

enunciados del discurso docente que conectan aquellas ideas que han sido enunciadas previamente por el alumnado, con aquellas que surgen en un momento posterior. Así, las tipologías de esta familia de actos comunicativos, y sobre todo aquellas que se relacionan con el cuestionamiento de las ideas del alumnado, tales como Rec-Orient y Rec-Conctr, pueden ser más sensibles al alumnado que asiste a los talleres REVIR, a la manera en que se desenvuelve en estos talleres, y cómo sus ideas cambian a lo largo de éstos. Por el contrario, si miramos de manera aislada las tipologías Rec-Enf y Rec-Concl, las cuales son tipologías que, entre otras cosas, fomentan la convergencia de ideas del alumnado, su frecuencia relativa tiende a mantenerse de manera similar entre los talleres REVIR. Así, tal como en la familia aportar destacábamos la importancia de que el profesorado oriente y refine los progresos de ideas del alumnado; las tipologías Rec-Enf y Rec-Concl tienen una importancia relacionada a la concreción de las versiones más sofisticadas de las ideas.

Así, todas las tipologías de actos comunicativos que categorizan los enunciados que conforman el discurso docente en los talleres REVIR SP y EV parecen ser relevantes a lo largo de su desarrollo. A pesar de que la mayoría de los enunciados que conforman el discurso docente son categorizados por las tipologías perteneciente a la familia de actos comunicativos solicitar, los enunciados categorizados por tipologías pertenecientes a las familias de actos comunicativos reconocer, aportar y recuperar, son relevantes en la definición de un discurso docente que es capaz de mediar el desarrollo de talleres de ciencia centrados en la modelización.

Así también, consideramos que, a pesar de que las familias de actos comunicativos son más generales que las tipologías que los conforman, éstos permiten caracterizar el estilo del

discurso docente propio de los talleres REVIR. De esta forma, a pesar de las diferencias de frecuencias de tipologías de acto comunicativo entre los talleres, pareciera que el discurso docente de los talleres REVIR tuviera una tendencia a que prevalezca la solicitud de expresión de ideas del alumnado (50%), que el reconocimiento sea el suficiente para favorecer la continuidad en el desarrollo de las discusiones con el alumnado (20%-30%), que la recuperación de ideas sea una piedra angular que permite cuestionar y hacer converger las ideas del alumnado (10%), y que lo que el profesorado aporta sea lo suficiente para orientar el desarrollo de las ideas del alumnado y el refinamiento de aquellas que ya han progresado (10%).

8.2.2. Prevalencia de los actos comunicativos según las fases de la instrucción.

Las frecuencias absolutas y relativas porcentuales de la tabla 8.2.b nos han permitido tener una visión general del discurso docente en cada uno de los talleres REVIR. Así, hemos podido saber qué tipologías y qué actos comunicativos suelen estar más presentes en el discurso de las docentes que guían el desarrollo de estos talleres. Sin embargo, resulta necesario enfatizar que el diálogo que es resultado de la interacción entre alumnado y docente se desarrolla a lo largo del tiempo (Colley & Windschitl, 2020). De esta forma, hemos decidido organizar la frecuencia relativa porcentuales de familias de actos comunicativos en cada una de las fases de la instrucción de la tabla 8.2.a en la tabla 8.2.c y en gráficas de columnas apiladas, donde el alto de la columna es equivalente al 100% de actos comunicativos en cierta fase de la instrucción (fig. 8.2.a).

Tabla 8.2.c. Frecuencias relativas porcentuales (f_i) de familias de actos comunicativos en cada una de las fases de la instrucción de los respectivos talleres REVIR.

AC	Talleres REVIR											
	SP19			EV19			SP20			EV20		
	F	D	C	F	D	C	F	D	C	F	D	C
	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i	f_i
Solicitar	38%	49%	49%	53%	54%	49%	32%	48%	42%	53%	58%	48%
Recuperar	2%	11%	14%	2%	7%	12%	23%	12%	14%	5%	10%	12%
Reconocer	40%	29%	27%	24%	26%	28%	13%	26%	15%	29%	22%	26%
Aportar	19%	12%	9%	21%	13%	10%	32%	13%	29%	13%	9%	13%

Inspirándonos en la gráfica de la figura 7.2.b del sub apartado 7.2.2, hemos presentado la figura 8.2.a. Esta figura se conforma de gráficas de frecuencia relativa porcentual de familias de actos comunicativos durante las fases de la instrucción de los talleres REVIR SP19, EV19, SP20, y EV20.

Así, para diferenciar las fases de la instrucción en los talleres REVIR en cada una de estas figuras, en las casillas de la primera franja horizontal (desde arriba hacia abajo), identificamos cada fase de la instrucción con su respectiva abreviación: familiarización (F), discusión (D), y consenso (C). Así mismo, junto a cada fase de la instrucción incorporamos la respectiva densidad discursiva (d) de cada fase de la instrucción, que, tal como indica la ecuación de a continuación, es igual al cociente entre la cantidad de enunciados en cierta fase de la instrucción, y la duración (en minutos) de dicha fase de la instrucción.

$$d = \frac{\text{cantidad de enunciados en la fase o momento de la instrucción (e)}}{\text{duración de la fase o momento de la instrucción (')}}$$

Así, la densidad discursiva del discurso docente en cierta fase de la instrucción es proporcional a la participación de las y los docente (a través de su discurso) durante las interacciones con el alumnado.

En la segunda franja horizontal incorporamos la cantidad de enunciados (e) que conforman el discurso docente en cada fase de la instrucción que han sido categorizados por las respectivas tipologías. Así también, incorporamos el porcentaje de enunciados en cada fase de la instrucción con respecto a la cantidad total de enunciados del discurso docente durante el respectivo taller REVIR.

Además, el ancho de cada casilla de la primera y segunda franja de cada gráfica representa el porcentaje de enunciados del discurso docente en la respectiva fase de la instrucción, respecto al total de enunciados del discurso docente en el respectivo taller REVIR.

En la tercera franja horizontal incorporamos la duración real de cada una de las fases de la instrucción, y el respectivo porcentaje de tiempo con respecto a la duración total durante el respectivo taller. Además, al igual que en las anteriores dos franjas, el ancho de cada casilla es proporcional a este porcentaje de tiempo.

Además, es necesario aclarar que la correspondencia entre las casillas de cada franja es según la posición relativa de cada casilla en cada franja. Así, la primera casilla de la primera franja horizontal se corresponde con la primera casilla de la segunda franja horizontal y de la tercera franja horizontal.

A continuación, presentamos la figura 8.2.a, a través de la cual discutimos ciertas regularidades sobre los actos comunicativos a lo largo de los talleres REVIR.

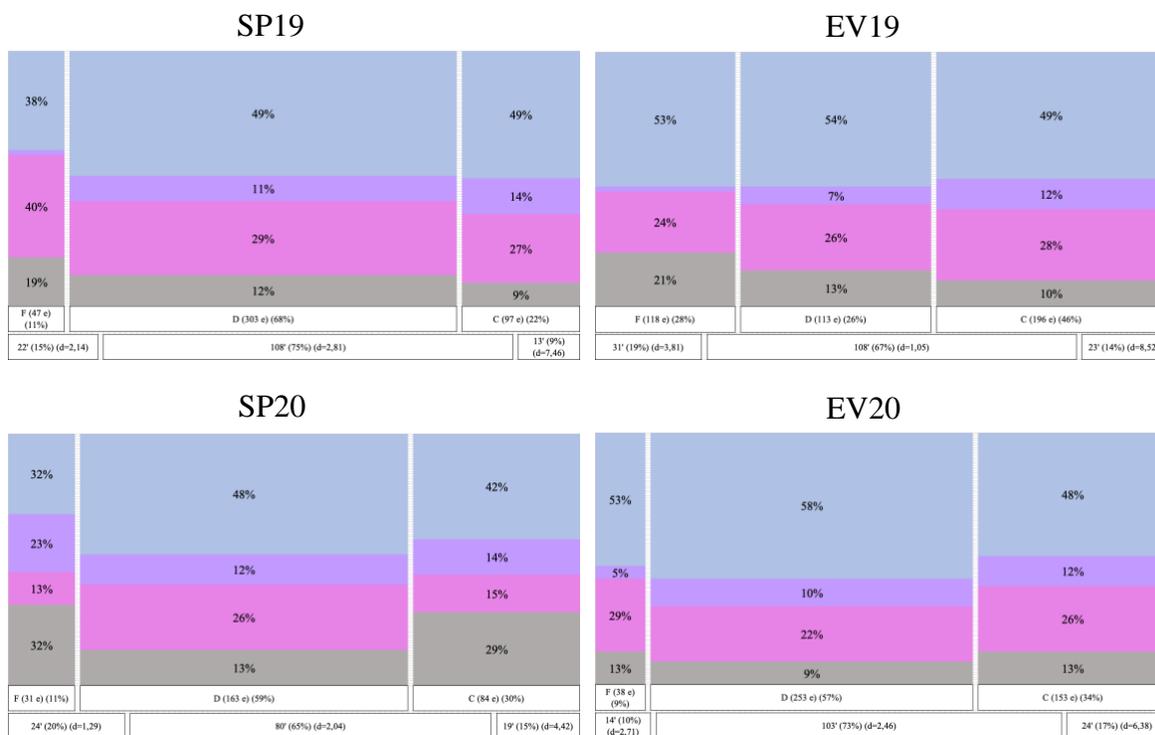


Fig. 8.2.a. Gráficas de frecuencia relativa porcentual de familias de actos comunicativos durante cada una de las fases de la instrucción de los talleres RE VIR SP19, EV19, SP20, y EV20.

En todos los talleres RE VIR hay un aumento de discurso docente categorizado con tipologías de actos comunicativos de la familia solicitar durante la fase de discusión. Esta fase de discusión se caracteriza por ser aquella en la que el alumnado debe usar sus ideas para dar respuestas a las preguntas que se le formulan, además de ser la fase en la que se profundiza en sus ideas poniéndolas a prueba. En particular, esto puede ser mediado por la intervención de las docentes, quienes, a lo largo de toda la fase de discusión, participan alternadamente con los pequeños grupos de estudiantes. Así, es en esta fase de la instrucción en la que el discurso docente tiende a tener mayor protagonismo incentivando que el alumnado use, exprese, evalúe, y en ocasiones, revise sus ideas. Sin embargo, también es importante destacar que el profesorado deja tiempo al alumnado para desarrollar sus ideas, ya sea de manera autónoma, o durante las discusiones. No porque haya un aumento del discurso

docente categorizado con la familia solicitar quiere decir que el ritmo con que el alumnado debe expresar sus ideas se torne intenso. De hecho, tal como podemos ver en la figura 8.2.c, la fase de discusión es la más larga, y la densidad discursiva en cada una de éstas tiende a ser desde, aproximadamente, $1/8$ (EV19) hasta $1/2$ (SP20) de la densidad discursiva del discurso docente en las respectivas fases de consenso. Es decir, el protagonismo del discurso docente tiende a ser el suficiente como para orientar el debate, sin descuidar que el alumnado desarrolle sus ideas de manera autónoma. Así también es interesante destacar que las frecuencias relativas de familias de actos comunicativos en las respectivas fases de discusión de todos los talleres REVIR se distribuyen de manera similar. Es decir, pareciera que el tipo de discurso docente que media el desarrollo de las fases de discusión fuera transversal a todos los talleres REVIR. Además, comparando su frecuencia relativa con aquella de la totalidad de los talleres REVIR (tabla 8.2.b), pareciera que la distribución de actos comunicativos durante la fase de discusión es la que más se asemeja a la tendencia del discurso docente de manera global en los talleres REVIR.

Con respecto a la familia recuperar, hay una tendencia a que la frecuencia relativa de los actos comunicativos de esta familia vaya en aumento. Tal como se podría esperar de un acto comunicativo cuya presencia depende de la cantidad de ideas que anteceden una discusión particular con el alumnado, la frecuencia relativa del acto comunicativo recuperar aumenta desde la fase de familiarización hacia la fase de consenso. Así, desde la fase de familiarización, el discurso docente categorizado con las tipologías de la familia recuperar tiende, principalmente, a enfatizar aquellas ideas cuyo desarrollo se encamina hacia versiones más sofisticadas, o incluso a concluir maneras de simular el fenómeno analizado, o maneras de continuar su estudio. Por otro lado, en la fase de consenso, que se caracteriza por ser aquel

momento en el que convergen las ideas del alumnado hacia aquellas más sofisticadas, la frecuencia relativa de discurso docente categorizado con la categoría recuperar tiende a tener su máximo. Es de esperar que en esta fase se privilegien aquellas tipologías que median la convergencia de ideas del alumnado, es decir, Rec-Enf y Rec-Concl. Así, además de destacar los progresos de ideas del alumnado, la docente incentiva la conexión entre las ideas que han sido desarrolladas, para luego proponer conclusiones, reflexiones, implicancias que reafirman y complementan el refinamiento de ideas del alumnado.

Con respecto a la familia aportar, a diferencia de las familias solicitar y recuperar, podemos apreciar dos tendencias. Una de ellas se corresponde con los talleres REVIR EV19 y SP19 en los que la frecuencia relativa de la familia aportar se reduce a lo largo de los talleres. Así, en la fase de familiarización el discurso docente guía las ideas del alumnado través de aportaciones relevantes que el alumnado pudo haber obviado o ignorado. Mientras que en la fase de consenso, dichas aportaciones se reducen, otorgando más protagonismo a las ideas ya abordadas por el alumnado a través de actos comunicativos de la familia recuperar.

La otra de estas tendencias se corresponde con los talleres REVIR EV20 y SP20, donde, a diferencia de los talleres REVIR del 2019, la familia aportar tiene un aumento de frecuencia relativa durante la fase de consenso. Una posible explicación de esta tendencia es que el equipo docente 2020, al tener una mayor experiencia y perspectiva didáctica, pretenden que las ideas del alumnado efectivamente logren alcanzar la versión más sofisticada posible al finalizar los talleres. Así, un aumento de actos comunicativos de la familia aportar, tal como puede ser la tipología Ap-Concr, permiten refinar las ideas del alumnado que, en su mayoría, podrían haber progresado a versiones más sofisticadas durante fases de instrucción anteriores.

8.3. ¿Qué relación identificamos entre los actos comunicativos y diferentes variables del contexto educativo de los talleres REVIR (temática, equipos docentes, y diseño didáctico)?

Hasta ahora, en el apartado 8.1 hemos presentado y definido las tipologías que categorizan el discurso docente, organizadas en las familias de actos comunicativos solicitar, recuperar, aportar (y reconocer). Posteriormente, en el apartado 8.2. hemos presentado la frecuencia de las familias de actos comunicativos y sus respectivas tipologías. Además, la representación de las categorizaciones del discurso docente a través de la figura 8.2.a nos ha permitido visualizar cómo es el discurso docente durante las fases de instrucción de los talleres REVIR al ser categorizado con las familias de actos comunicativos. Así, ambos resultados nos han permitido deducir información que nos ha permitido caracterizar el discurso docente en los talleres REVIR. Sin embargo, estos resultados no nos han permitido confirmar si existe una relación entre las variables de contexto educativo (contenido del taller REVIR, docentes que han guiado su desarrollo, y diseño didáctico) y la familia de actos comunicativos. Así, en este subapartado, a través de la prueba chi-cuadrado (χ^2) pretendemos confirmar si existe relación, o no, entre las variables previamente mencionadas. Además, a través del cálculo de los valores esperados cuya suma es igual al estadístico de prueba χ^2 , pretendemos dilucidar qué coocurrencias entre los valores de las variables involucradas permiten describir y explicar aquella posible relación.

Así, respectivamente, en los siguientes sub apartados 8.3.1, 8.3.2, y 8.3.3 hemos analizado cómo es la relación entre los actos comunicativos y la temática de los talleres REVIR, cómo es la relación entre los actos comunicativos y los equipos docentes guiado el desarrollo de los talleres REVIR, y cómo es la relación entre los actos comunicativos y el diseño didáctico de los talleres REVIR. Esto lo hemos realizado a través de una prueba χ^2 con un nivel de significación $\alpha = 0,05$. Así también, en el caso de que las variables de contexto educativo estén relacionadas con los actos comunicativos, hemos decidido medir la intensidad de dicha posible relación a través del cálculo del coeficiente de asociación V de Cramér.

8.3.1. ¿Cómo es la relación entre los actos comunicativos y la temática del taller (EV y SP)?

Tal como hemos mencionado en el sub apartado 7.2.3.1, la primera variable utilizada es la temática del taller REVIR. El contenido de ambos talleres, que se encuentran detallados en los apartados 4.2.4 y 4.2.5 tienen diferencias que serán relevantes para interpretar los resultados. A grandes rasgos, el taller EV aborda un fenómeno más simple desde el punto de vista cinemático, ya que se centra en el movimiento de frenada de un vehículo con aceleración constante (MRUA). Además, es un movimiento más familiar para el alumnado, y más fácil que surja la idea aristotélica de fuerzas. En cambio, el taller SP se centra en un movimiento más complejo desde el punto de vista cinemático, ya que a aceleración que experimenta el saltador no es constante, y depende de la elongación de la cuerda. Por lo tanto, esto lleva a que surjan confusiones en las relaciones entre velocidad y aceleración.

En la tabla 8.3.a se detallan las frecuencias relativas porcentuales (f_{ij}) de tipologías de actos comunicativos en los talleres REVIR diferenciados por temática (SP y EV). Para saber si hay una relación entre las variables actos comunicativos y temática de los talleres REVIR hemos decidido recurrir al cálculo de estadístico de prueba χ^2 .

Tabla 8.3.a. Frecuencias de actos comunicativos por temática de los talleres REVIR.

Tipologías de AC	Talleres REVIR SP						Talleres REVIR EV						Total	
	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$\frac{n_{ij}}{E_{ij}}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$\frac{n_{ij}}{E_{ij}}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}
Sol-Des-Fen	24	3%	14,08	9,92	6,99	5%	7	1%	16,92	-9,92	5,81	4%	31	2%
Sol-Des-Int	160	22%	129,92	30,08	6,97	5%	126	14%	156,08	-30,08	5,80	4%	286	18%
Sol-Pred	28	4%	19,99	8,01	3,21	2%	16	2%	24,01	-8,01	2,67	2%	44	3%
Sol-Exp	18	2%	47,24	-29,24	18,10	13%	86	10%	56,76	29,24	15,07	11%	104	7%
Sol-Concr	95	13%	106,75	-11,75	1,29	1%	140	16%	128,25	11,75	1,08	1%	235	15%
Sol-Amp	14	2%	46,33	-32,33	22,56	16%	88	10%	55,67	32,33	18,78	13%	102	6%
Rec-Contr	14	2%	13,63	0,37	0,01	0%	16	2%	16,37	-0,37	0,01	0%	30	2%
Rec-Orient	34	5%	19,08	14,92	11,67	8%	8	1%	22,92	-14,92	9,71	7%	42	3%
Rec-Concl	18	2%	18,62	-0,62	0,02	0%	23	3%	22,38	0,62	0,02	0%	41	3%
Rec-Enf	20	3%	24,08	-4,08	0,69	0%	33	4%	28,92	4,08	0,57	0%	53	3%
Rev-Rcon	191	26%	186,25	4,75	0,12	0%	219	25%	223,75	-4,75	0,10	0%	410	26%
Ap-Des-Fen	5	1%	3,18	1,82	1,04	1%	2	0%	3,82	-1,82	0,87	1%	7	0%
Ap-Des-Int	26	4%	18,17	7,83	3,37	2%	14	2%	21,83	-7,83	2,81	2%	40	3%
Ap-Pred	0	0%	0,45	-0,45	0,45	0%	1	0%	0,55	0,45	0,38	0%	1	0%
Ap-Exp	10	1%	9,99	0,01	0,00	0%	12	1%	12,01	-0,01	0,00	0%	22	1%
Ap-Concr	53	7%	51,33	1,67	0,05	0%	60	7%	61,67	-1,67	0,05	0%	113	7%
Ap-Amp	1	0%	3,18	-2,18	1,49	1%	6	1%	3,82	2,18	1,24	1%	7	0%
Ap-Pista	14	2%	12,72	1,28	0,13	0%	14	2%	15,28	-1,28	0,11	0%	28	2%
	725						871						1596	

Para la prueba χ^2 la hipótesis nula es definida como que hay independencia entre las variables. Es decir, hay independencia entre las tipologías de actos comunicativos y la temática de los talleres REVIR SP y EV. De esta forma, el discurso docente en los talleres REVIR que es categorizado por los actos comunicativos no dependería de la temática de los talleres REVIR SP y EV, y las diferencias en el discurso docente al ser categorizado por las tipologías de actos comunicativos en los talleres EV y SP se podrían explicar a través de

hechos circunstanciales propios de cada taller. Así, el estilo discursivo de las docentes que desarrollan los talleres REVIR SP y EV sería propio de los talleres REVIR SP y EV. Por otro lado, la hipótesis alternativa es definida como que hay relación entre las tipologías de actos comunicativos y el contenido de los talleres REVIR. Es decir, el discurso docente en los talleres REVIR que es categorizado por los actos comunicativos se relaciona con la respectiva temática de los talleres REVIR, y las diferencias de frecuencias relativas porcentuales de tipologías de actos comunicativos podrían explicarse, en parte, por las características de los talleres SP y EV.

Así, cuando la prueba χ^2 fue calculada para conocer la distribución de tipologías actos comunicativos en los talleres REVIR diferenciados por las temáticas (SP y EV), hemos encontrado que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los actos comunicativos ($\chi^2 = 143,26$, $df = 17$, $\alpha = 0,05$). De esta manera, hemos decidido que se rechaza la hipótesis nula, y podemos concluir que hay relación entre el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y la temática de los talleres REVIR. Además, a través de cada uno de los sumandos cuya suma permite calcular el estadístico de prueba χ^2 , mostrados en las respectivas columnas (χ_{ij}^2) de la tabla 8.3.a, podemos ver que el valor del sumando es mayor mientras la diferencia entre la frecuencia real y esperada de coocurrencia de actos comunicativos y contenido del taller REVIR sea mayor. Sin embargo, debido a que cada sumando del estadístico de prueba χ^2 se calcula con el cuadrado de una diferencia, sus valores siempre son positivos. De esta forma, sólo a través de la columna (χ_{ij}^2) de la tabla 8.3.a no podemos saber si la coocurrencia entre los valores de los actos comunicativos y el respectivo taller REVIR ha sido mayor, o menor, a la frecuencia esperada.

Así, para saber si la presencia de un acto comunicativo particular es mayor o menor a la esperada en el discurso docente en los talleres SP o EV, en la columna $n_{ij} - E_{ij}$ de la tabla 8.3.a evidenciamos la resta que es resultado de la sustracción de las respectivas frecuencias reales (n_{ij}) y los valores esperados (E_{ij}).

La frecuencia relativa de las tipologías pertenecientes a los actos comunicativos solicitar, recuperar, y aportar son aquellas que más se distancian del valor esperado. Así, las tipologías de actos comunicativos pertenecientes a estas tres familias de actos comunicativos, y sus respectivas relaciones entre ellas y con la temática de los talleres REVIR, son las que caracterizan el discurso docente según la temática del taller SP y EV. Mientras que el discurso docente categorizado por el acto comunicativo reconocer no marca una diferencia significativa en los talleres SP y EV.

En cuanto a la familia de actos comunicativos solicitar, la tipología Sol-Des-Fen es más frecuente en los talleres SP que en los talleres EV. Es decir, el profesorado que guía el desarrollo de los talleres SP tiende a dirigir la atención del alumnado al montaje experimental, o evocar sus recuerdos sobre el fenómeno estudiado. Por el contrario, en el taller EV, el profesorado tiende a focalizarse en ideas concretas que permitan describir y explicar el fenómeno estudiado.

La proporción de tipologías Sol-Des-Int y Sol-Concr, al ser las tipologías más frecuentes en ambos talleres REVIR, nos permite proponer algunas ideas desde la relación de ambas tipologías. Los talleres REVIR SP, al tener una mayor frecuencia relativa de actos comunicativos Sol-Des-Int que la tipología Sol-Concr, parecen fomentar un ritmo más intenso de expresión de ideas del alumnado. Esto es concordante con las características del

taller SP y la cantidad de ideas de velocidad, aceleración y fuerza que deben ser revisadas en los fenómenos discretos (sub apartado 4.2.5.6). Esto se ve más reforzado aun considerando que la frecuencia relativa de la tipología Sol-Des-Int se encuentra por sobre la frecuencia esperada. Esto no debe ser tomado como un sinónimo de menor complejidad del taller SP. Es decir, no porque las ideas del alumnado surjan a un ritmo mayor, quiere decir que éstas se revisen constantemente. De hecho, una mayor presencia de la tipología Rec-Orient durante los talleres SP nos da a entender que el profesorado tiende a requerir revisitarse de manera ordenada aún más las ideas que el alumnado ha expresado durante los momentos previos de una discusión. De esta forma, intuimos que el profesorado tiende a requerir la concatenación de las ideas expresadas por el alumnado para que éstas desemboquen en un progreso hacia una más sofisticada. En cuanto a los talleres REVIR EV, la proporción entre la tipología Sol-Des-Int y Sol-Concr nos da a entender que el ritmo con el que surgen las ideas del alumnado tiende a ser menor al de los talleres SP. Es decir, el profesorado que guía el desarrollo de los talleres EV tiende a fomentar que el alumnado ofrezca más detalle a las ideas que ha expresado, de tal logre sofisticar sus ideas, o algún aspecto de ellas, para que estas sean más cercanas a aquellas ideas más sofisticadas. Dicha solicitud de detalle también puede verse reflejada en una mayor cantidad de discurso docente categorizado por la tipología Sol-Exp, a través de la cual el profesorado puede fomentar la continuidad del desarrollo de las ideas del alumnado, como así también su evaluación. Así también, durante los talleres EV el profesorado tiende a incorporar más discurso docente categorizado con la tipología Sol-Amp, a través de la cual media que el alumnado otorgue su opinión respecto a las ideas propuestas y desarrolladas. Esto suele ser posible que surja debido a la idea de fuerza aristotélica, a través de la cual el alumnado explica el movimiento de frenada del coche, la cual es foco

debate y diversas opiniones durante los talleres REVIR EV. O, en general, debido a que las ideas que se abordan durante los talleres EV pueden resultar más familiares para el alumnado, el profesorado puede solicitar más opiniones o perspectivas derivadas de sus ideas al interactuar con el fenómeno de frenada de coche. En cuanto a las tipologías pertenecientes a la familia recuperar, sólo Rec-Orient destaca ser una tipología que se diferencia de la tendencia general. Una menor presencia de esta tipología la hemos asociado a que en los talleres EV, la cantidad de fenómenos discretos que son analizados son principalmente dos: la frenada y el vuelta del coche (sub apartado 4.2.4.6). Así, a diferencia del taller SP, en el que los cambios de velocidad, aceleración y fuerzas dependían de los valores de estas variables de fenómenos discretos anteriores, en el taller EV parece privilegiarse el discurso docente categorizado con las tipologías de recuperar que contrastan ideas relacionadas a un mismo fenómeno discreto.

Además, para ambos talleres REVIR, las frecuencias de las tipologías del acto comunicativo **aportar** no se distancian considerablemente de los valores esperados. Es decir, ninguno de los dos talleres parece ser lo suficientemente complejo para que el profesorado deba sobre incorporar un discurso que aporte ideas o informaciones que son necesarias para fomentar el progreso de las ideas del alumnado.

Así, a través de la prueba chi-cuadrado χ^2 del sub apartado 8.3.1 hemos podido ver que existe una relación entre el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y el taller REVIR en el que se desarrolla (SP y EV). Sin embargo, a través de la prueba χ^2 sólo hemos podido saber que esta relación existe, pero no hemos podido saber qué tan intensa es esa relación. Así, a través del cálculo de la V de Cramér, que es una medida para calcular

el tamaño del efecto de la prueba de independencia χ^2 , hemos podido saber qué tan fuerte es la relación entre el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y el contenido de los talleres REVIR SP y EV.

De esta forma, a través de la ecuación detallada en el sub apartado 7.2.3.2, el valor de la V de Cramér ha sido $V = 0,3$. De esta manera, al ser V mayor que 0,2, podemos decir que, aunque la prueba de independencia χ^2 es estadísticamente significativa, el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y el contenido de los talleres REVIR SP y EV se encuentran moderadamente relacionados. De esta forma, a través del cálculo de la prueba de independencia χ^2 , hemos visto que pareciera que hay un discurso docente propio de las docentes que desarrollan los talleres REVIR SP y EV, respectivamente. Sin embargo, considerando el cálculo del coeficiente de asociación V de Cramér, hemos visto que dichas diferencias son moderadas. Es decir, tras un discurso docente particular que guía cada taller REVIR (EV y SP) existe un discurso común propio de la cultura de aula de los talleres REVIR.

8.3.2. ¿Cómo es la relación entre los actos comunicativos y los equipos docentes que guían el desarrollo de los talleres REVIR?

Tal como hemos mencionado en el sub apartado 7.2.3.1, la segunda variable utilizada son los equipos docentes. Los equipos docente encargados de los talleres REVIR en los años 2019 y 2020 eran distintos. A grandes rasgos, podemos decir que le equipo docente 2020 contaba con una mayor experiencia en el desarrollo de talleres REVIR, y también con una mayor perspectiva didáctica a la horade promover interacciones dialógicas en el aula. De hecho,

Marisa (nombre ficticio), quien lideraba el equipo docente 2020, había sido la principal instructora de Martina (también nombre ficticio), responsable de los talleres REVIR durante el 2019. Además, en 2020, Carles (también nombre ficticio) jugó un papel más relevante que en el 2019, donde sus intervenciones en los talleres REVIR no fueron registradas, tal como hemos mencionado en la tabla 4.3.a.

En la tabla 8.3.c se detallan las frecuencias relativas porcentuales (f_{ij}) de tipologías de actos comunicativos en los talleres REVIR diferenciados por los equipos docentes que guiaron sus desarrollos. Para saber si hay una relación entre las variables actos comunicativos y los equipos docentes hemos decidido recurrir al cálculo de estadístico de prueba χ^2 .

Tabla 8.3.c. Frecuencias de actos comunicativos por equipos docentes que guían el desarrollo de los talleres REVIR.

Tipologías de AC	Equipo docente 2019						Equipo docente 2020						Total		
	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$\frac{n_{ij}}{E_{ij}}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$\frac{n_{ij}}{E_{ij}}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}	
Sol-Des-Fen	25	3%	16,98	8,02	3,79	8%	6	1%	14,02	-8,02	4,59	9%	31	2%	
Sol-Des-Int	178	20%	156,6 2	21,38	2,92	6%	108	15%	129,3 8	-	21,38	3,53	7%	286	18%
Sol-Pred	24	3%	24,10	-0,10	0,00	0%	20	3%	19,90	0,10	0,00	0%	44	3%	
Sol-Exp	37	4%	56,95	19,95	6,99	14%	67	9%	47,05	19,95	8,46	17%	104	7%	
Sol-Concr	125	14%	128,6 9	-3,69	0,11	0%	110	15%	106,3 1	3,69	0,13	0%	235	15%	
Sol-Amp	47	5%	55,86	-8,86	1,40	3%	55	8%	46,14	8,86	1,70	3%	102	6%	
Rec-Contr	11	1%	16,43	-5,43	1,79	4%	19	3%	13,57	5,43	2,17	4%	30	2%	
Rec-Orient	19	2%	23,00	-4,00	0,70	1%	23	3%	19,00	4,00	0,84	2%	42	3%	
Rec-Concl	24	3%	22,45	1,55	0,11	0%	17	2%	18,55	-1,55	0,13	0%	41	3%	
Rec-Enf	27	3%	29,02	-2,02	0,14	0%	26	4%	23,98	2,02	0,17	0%	53	3%	
Rev.Rcon	244	28%	224,5 2	19,48	1,69	3%	166	23%	185,4 8	-	19,48	2,05	4%	410	26%
Ap-Des-Fen	3	0%	3,83	-0,83	0,18	0%	4	1%	3,17	0,83	0,22	0%	7	0%	
Ap-Des-Int	18	2%	21,90	-3,90	0,70	1%	22	3%	18,10	3,90	0,84	2%	40	3%	
Ap-Pred	1	0%	0,55	0,45	0,37	1%	0	0%	0,45	-0,45	0,45	1%	1	0%	
Ap-Exp	10	1%	12,05	-2,05	0,35	1%	12	2%	9,95	2,05	0,42	1%	22	1%	
Ap-Concr	63	7%	61,88	1,12	0,02	0%	50	7%	51,12	-1,12	0,02	0%	113	7%	
Ap-Amp	2	0%	3,83	-1,83	0,88	2%	5	1%	3,17	1,83	1,06	2%	7	0%	
Ap-Pista	16	2%	15,33	0,67	0,03	0%	12	2%	12,67	-0,67	0,04	0%	28	2%	
	874						722						1596		

Para la prueba χ^2 la hipótesis nula es definida como que hay independencia entre las tipologías de actos comunicativos y los equipos docentes que guiaron el desarrollo de los talleres REVIR SP y EV los años 2019 y 2020. Es decir, el discurso docente en los talleres REVIR SP y EV que es categorizado por las tipologías de actos comunicativos no depende de qué equipo docente guie el desarrollo de los talleres REVIR SP y EV, y las diferencias en el discurso docente entre los equipos docentes que realizan los talleres REVIR podrían explicarse a través de hechos circunstanciales propios de cada taller. De esta forma, podríamos decir que el estilo discursivo de los equipos docentes que desarrollan los talleres

REVIR SP y EV en los años 2019 y 2020 sería propio de los talleres REVIR SP y EV. Por otro lado, la hipótesis alternativa es definida como que hay relación entre las tipologías de actos comunicativos y los equipos docentes que guían el desarrollo de los talleres REVIR SP y EV. Así, las diferencias de frecuencias relativas porcentuales de tipologías de actos comunicativos entre los discursos de los equipos docentes podrían explicarse, en parte, a través de las características de los equipos docentes que guiaron el desarrollo de los talleres SP y EV.

Así, cuando la prueba χ^2 fue calculada para conocer la distribución de tipologías actos comunicativos en los talleres REVIR diferenciados por los equipos docentes que han guiado su desarrollo, hemos encontrado que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los actos comunicativos ($\chi^2 = 48,99$, $df = 17$, $\alpha = 0,05$). De esta manera, hemos decidido que se acepta la hipótesis nula, y podemos concluir que hay relación entre el discurso docente categorizado por los actos comunicativos y los equipos docentes que han guiado el desarrollo de los talleres REVIR SP y EV en los años 2019 y 2020.

Además, a través de cada uno de los sumandos cuya suma permite calcular el estadístico de prueba χ^2 , mostrados en las respectivas columnas (χ_{ij}^2) de la tabla 8.3.c, podemos ver que el valor del sumando es mayor mientras la diferencia entre la frecuencia real y esperada de coocurrencia de las tipologías de actos comunicativos y el equipo docente que ha guiado el desarrollo de los talleres REVIR sea mayor. Sin embargo, debido a que cada sumando del estadístico de prueba χ^2 se calcula con el cuadrado de una diferencia, sus valores siempre son positivos. De esta forma, sólo a través de la columna (χ_{ij}^2) de la tabla 8.3.c no podemos saber si la coocurrencia entre los valores de los actos comunicativos y el respectivo equipo

docente ha sido mayor, o menor, a la frecuencia esperada. Así, para saber si la presencia de un acto comunicativo particular es mayor o menor en el discurso docente en los talleres SP o EV, en la columna $n_{ij} - E_{ij}$ de la tabla 8.3.c evidenciamos la resta que es resultado de la sustracción de las respectivas frecuencias reales (n_{ij}) y los valores esperados (E_{ij}).

Al igual que en el sub apartado 8.3.1, la frecuencia relativa de las tipologías pertenecientes a los actos comunicativos solicitar, recuperar y aportar son aquellas que más se distancian del valor esperado. Así, las tipologías de actos comunicativos pertenecientes a estas tres familias de actos comunicativos, y sus respectiva relaciones entre ellas y con los equipos docentes que median el desarrollo de los talleres, son las que caracterizan el discurso de los equipos docentes 2019 y 2020. Mientras que el discurso docente categorizado por el acto comunicativo reconocer no marca una diferencia significativa en dichos equipos.

En cuanto a la familia de actos comunicativos solicitar, la tipología Sol-Des-Fen suele ser más utilizada por el equipo docente del 2019. Tal como hemos descrito en relación con los equipos docentes que han guiado el desarrollo de los talleres REVIR, el equipo del 2019 ha sido formado por una docente del equipo 2020, con una amplia experiencia en el desarrollo de los talleres REVIR. Sin embargo, al haber participado en menos talleres REVIR, los conocimientos relacionados a las ideas intuitivas del alumnado pueden ser menos vastos que los de docentes con mayor experiencia. De esta manera, durante momentos de discusiones clave, el equipo docente del 2019, en lugar de recurrir a tipologías de acto comunicativo que permitan la expresión explícita y desarrollo de ideas del alumnado relacionadas al modelo de fuerza, pueden recurrir a describir el fenómeno o el montaje experimental estudiado. De hecho, según Roca, Márquez, y Sanmartí (2012) este tipo de enunciados suele asociarse a

una idea de ciencia acotada, donde el diálogo entre docente y alumnado se asemeja a discusiones rutinarias de pregunta y respuesta.

Así también, la proporción de tipologías Sol-Des-Int y Sol-Concr, al ser las tipologías más frecuentes en ambos talleres equipos docentes, nos permite proponer algunas ideas desde la relación de ambas tipologías. Los talleres que son guiados por el equipo docente 2019, al tener una mayor frecuencia relativa de actos comunicativos Sol-Des-Int que la tipología Sol-Concr, parecen fomentar un ritmo más intenso de expresión de ideas del alumnado. Es decir, el equipo docente del 2019 tiende a mediar menos instancias de cuestionamiento y solicitudes de sofisticación de las ideas del alumnado. Dichas sofisticaciones de ideas, necesarias para revisar las ideas del alumnado, puede ser complementado por una mayor cantidad de tipologías Rec-Enf y Rec-Concl, las cuales, además de mediar la convergencia de aquellas ideas que han sido desarrolladas durante una discusión, incorporan reflexiones o refinamientos que colaboran en el consenso de las ideas sofisticadas. Continuando con las tipologías de la familia solicitar, la menor experiencia del equipo docente del 2019 puede verse reflejada con una menor cantidad de discurso docente categorizado con la tipología **Sol-Exp**, la cual se relaciona a instancias de cuestionamiento de las ideas del alumnado. Dicho cuestionamiento corresponde a una piedra angular en el desarrollo de las ideas del alumnado, y como tal, su realización no es sencilla. Se vincula con solicitudes de evidencia empírica otorgada por el fenómeno estudiado y/o el montaje experimental que permite simularlo. De hecho, esta idea puede verse reforzada por una menor presencia de discurso docente categorizado por las tipología **Rec-Contr** y **Rec-Orient**. Dichas tipologías fomentan el debate, comparación, contraste, y la concatenación lógica de las ideas que han sido enunciadas por el alumnado, en vistas de su cuestionamiento.

En cuanto al equipo docente del 2020, la frecuencia relativa de los actos comunicativos **Sol-Des-Int** y **Sol-Concr** parecen sugerir que el discurso docente del equipo 2020 tiende a solicitar aclarar reiteradamente las ideas expresada por el alumnado. Y aún más considerando la tipología **Sol-Exp**, que en su rol de fomentar el cuestionamiento y profundización de las ideas del alumnado, puede complementar el rol de la tipología **Sol-Concr**. De hecho, esta tendencia a que el profesorado incorpore en su discurso tipologías que fomenten el cuestionamiento de las ideas del alumnado, puede ser complementada por una mayor frecuencia de tipologías **Sol-Orient** y **Sol-Contr**. Dichas tipologías, tal como hemos mencionado previamente, median el debate, comparación, contraste, y la concatenación lógica de las ideas que han sido enunciadas por el alumnado, en vistas de cuestionar una idea posterior. Además, desde la tipología **Sol-Amp**, pareciera que el equipo docente del 2020 pudiera articular un discurso cuestionador de las ideas del alumnado incorporando, a su vez, discurso que solicita distintas perspectivas de una idea a través de la opinión del alumnado o situaciones cotidianas y más familiares al alumnado para que expresen sus ideas. Es decir, el equipo docente del 2020 pareciera encontrar un equilibrio entre fomentar la divergencia y convergencia de las ideas del alumnado. En cuanto a las tipologías pertenecientes a la familia recuperar, las frecuencias de las tipologías Rec-Enf y Rec-Concl son cercanas a las esperadas, por lo que no parecieran ser idiosincráticas del discurso del equipo 2020.

Así también, a pesar de que las diferencias de discurso docente entre los equipos 2019 y 2020 a largo plazo pueden ser significativos en el desarrollo, cuestionamiento y revisión de las ideas del alumnado que asisten a los talleres REVIR, resulta importante destacar las pocas diferencias que existen al ser categorizados con las tipologías de la familia aportar. Es decir, la formación del equipo docente 2019 por parte del equipo docente 2020 ha resultado ser

adecuada para controlar una posible sobre presencia de discurso cuya prevalencia por sobre el resto de actos comunicativos puede ser asociada a enfoques comunicativos no interactivos/autoritativos (Scott et al., 2006).

Además, es necesario destacar que, a pesar de las diferencias de discurso docente entre los equipos 2019 y 2020, de igual manera lograron realizar los talleres de manera acorde a una práctica de taller REVIR. Así también, es necesario considerar que las diferencias entre las estrategias en el discurso de los equipos docentes 2019 y 2020 podrían ser debido a variables que no hemos considerado en este análisis (por ejemplo, las ideas del alumnado al momento de llegar al taller). Con esto queremos decir que no buscamos imponer un discurso docente particular, sino que, en función de las variables que podemos controlar (tales como temática del taller REVIR, equipos docentes, y fases de la instrucción), pretendemos dilucidar qué discurso docente parece fomentar el progreso de ideas del alumnado y su participación en talleres experimentales de ciencias centrados en la modelización.

Así, a través de la prueba chi-cuadrado del sub apartado 8.3.2 hemos podido ver que existe una relación entre el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y el equipo docente que guía el desarrollo de los talleres REVIR (2019 y 2020). Sin embargo, a través de esta prueba sólo hemos podido saber que esta relación existe, pero no hemos podido saber qué tan intensa es esa relación. Así, a través del cálculo de la V de Cramér, que es una medida para calcular el tamaño del efecto de la prueba de independencia χ^2 , hemos podido saber qué tan fuerte es la relación entre el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y el contenido de los talleres REVIR SP y EV.

Así, a través de la ecuación detallada en el sub apartado 7.2.3.2, el valor de la V de Cramér ha sido $V = 0,18$. De esta manera, al ser V menor que 0,2, podemos decir que, aunque la

prueba de independencia χ^2 es estadísticamente significativa, el discurso docente categorizado por las tipologías de actos comunicativos y el equipo docente que guía el desarrollo de los talleres REVIR (2019 y 2020) se encuentran débilmente relacionados. De esta forma, a través del cálculo de la prueba de independencia χ^2 , hemos visto que pareciera que hay un discurso docente propio de cada equipo docente que han guiado el desarrollo de los talleres REVIR. Sin embargo, considerando el cálculo del coeficiente de asociación V de Cramér, hemos visto que dichas diferencias de discurso son débiles. Es decir, tras un discurso docente particular de cada equipo docente (2019 y 2020), existe un discurso común propio del profesorado que guía el desarrollo de los talleres REVIR.

De esta forma, a través los análisis estadísticos de los sub apartados 8.3.1 y 8.3.2, hemos visto que las pruebas estadísticas χ^2 han sido estadísticamente significativas, lo que nos ha permitido afirmar que existe una relación entre el discurso docente categorizado por los actos comunicativos y las variables de contexto educativo (contenidos de los talleres REVIR, y los equipos docentes que han guiado su desarrollo). Sin embargo, el cálculo de la V de Cramér nos ha permitido ver que en ambas pruebas χ^2 la relación entre ambas variables es, a lo más, moderada, lo que nos ha permitido analizar las características del discurso docente desde la relación entre variables, y desde la intensidad de dicha relación. Además, en vistas de abordar la pregunta del sub apartado 8.3.3, la relación débil y moderada entre los actos comunicativos y la temática de los talleres REVIR, y los equipos docentes, respectivamente, nos ha permitido considerar los talleres REVIR SP19, EV19, SP20, y EV20 como cuatro talleres REVIR orientados por las mismas fases de instrucción. Esto nos ha permitido sumar las frecuencias absolutas de actos comunicativos en cada una de las fases de la instrucción. Así,

en la siguiente sub sección analizamos si existe relación, o no, entre el discurso docente categorizado por los actos comunicativos y las fases de la instrucción en la que éstos se desarrollan.

8.3.3. ¿Cómo es la relación entre los actos comunicativos y las fases de la instrucción que estructuran los talleres (SP19, EV19, SP20, y EV20).

Finalmente, la tercera variable utilizada son las fases de la instrucción que orientan el diseño didáctico de los talleres REVIR. Tal como hemos señalado en el sub apartado 4.2.2.3, los talleres REVIR SP y EV poseen una estructura didáctica compuesta por tres fases de la instrucción: fase de familiarización con el fenómeno; fase de discusión, que principalmente se realiza en pequeños grupos de estudiantes; y la fase de consenso, que siempre se realiza en grandes grupos.

Así, en la tabla 8.3.e se detallan las frecuencias relativas porcentuales (f_{ij}) de actos comunicativos en los talleres REVIR diferenciados por los momentos de la instrucción. Para saber si hay una relación entre las variables actos comunicativos y temática de los talleres REVIR hemos decidido recurrir al cálculo de estadístico de prueba χ^2 . Cabe mencionar que, a diferencia de los sub apartados 8.3.1 y 8.3.2, en la tabla 8.3.e sólo se detallan las frecuencias de las familias de actos comunicativos, debido a que más del 20% de las coocurrencias entre las tipologías de actos comunicativos y las fases de la instrucción eran menores a 5 (Cohen et al., 2007). Hacer una prueba chi-cuadrado considerando esto implicaría tener un resultado no fiable.

Tabla 8.3.e. Frecuencias de actos comunicativos por docentes durante los talleres REVIR.

	Familiarización						Discusión						Consenso						Total	
	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$n_{ij} - E_{ij}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$n_{ij} - E_{ij}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}	E_{ij}	$n_{ij} - E_{ij}$	χ^2_{ij}	$\chi^2_{ij} \%$	n_{ij}	f_{ij}
Solicitar	11 1	47%	117,5 9	-6,59	0,3 7	2%	43 7	53 %	418,0 9	18,9 1	0,8 6	4%	25 4	48 %	266,3 3	- 12,3 3	0,5 7	2%	802	50 %
Recuperar	12	5%	24,34	- 12,3 4	6,2 5	27%	85	10 %	86,54	-1,54	0,0 3	0%	69	13 %	55,13	13,8 7	3,4 9	15%	166	10 %
Reconocer	62	26%	60,11	1,89	0,0 6	0%	21 4	26 %	213,7 3	0,27	0,0 0	0%	13 4	25 %	136,1 5	-2,15	0,0 3	0%	410	26 %
Aportar	49	21%	31,96	17,0 4	9,0 8	39%	96	12 %	113,6 4	- 17,6 4	2,7 4	12%	73	14 %	72,39	0,61	0,0 1	0%	218	14 %
	23 4						83 2						53 0						159 6	

Para la prueba χ^2 la hipótesis nula es definida como que hay independencia entre los actos comunicativos y los momentos de la instrucción de los talleres REVIR SP y EV. Es decir, el discurso docente en los talleres REVIR que es categorizado por los actos comunicativos no depende de la fase de la instrucción en la que se esté desarrollando cierta interacción entre alumnado y docente, y las diferencias en el discurso docente entre las fases de la instrucción podrían explicarse a través de hechos circunstanciales propios de cada fase. Por lo que el estilo del discurso del profesorado al ser categorizado por los actos comunicativos en los distintos momentos de instrucción no tendría grandes variaciones a lo largo de los talleres REVIR SP y EV. Mientras que la hipótesis alternativa es definida como que hay relación entre los actos comunicativos y la estructura del taller orientada por los momentos de la instrucción de los talleres REVIR SP y EV. Es decir, el discurso docente en los talleres REVIR que es categorizado por los actos comunicativos se relaciona con la respectiva fase de la instrucción en el que se desarrolla, y las diferencias de frecuencias relativas porcentuales de actos comunicativos entre fases de la instrucción podrían explicarse, en parte, a través de las características propias de las fases en los que se ha desarrollado el discurso docente. Además, en el caso de aceptar la hipótesis alternativa, la dependencia entre los momentos de

la instrucción y el discurso docente categorizado por los actos comunicativos podría explicarse a través de las categorizaciones del discurso docente a través de las respectivas tipologías de actos comunicativos.

Así, cuando la prueba χ^2 fue calculada para conocer la distribución de actos comunicativos en los talleres REVIR diferenciados por las fases de la instrucción que orientan su desarrollo, hemos encontrado que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los actos comunicativos ($\chi^2 = 23,49$, $df = 6$, $\alpha = 0,05$). De esta manera, hemos decidido que se rechaza la hipótesis nula, y podemos concluir que hay relación entre el discurso docente categorizado por las familias de actos comunicativos y las fases de la instrucción que orientan el desarrollo de los talleres REVIR. Es decir, el discurso docente en los talleres REVIR que es categorizado por los actos comunicativos se relaciona con la respectiva fase de la instrucción en el que se desarrolla.

Además, a través de cada uno de los sumandos cuya suma permite calcular el estadístico de prueba χ^2 , mostrados en las respectivas columnas (χ_{ij}^2) de la tabla 8.3.e, podemos ver que el valor del sumando es mayor mientras la diferencia entre la frecuencia real y esperada de coocurrencia de actos comunicativos y el momento de la instrucción sea mayor. Sin embargo, debido a que cada sumando del estadístico de prueba χ^2 se calcula con el cuadrado de una diferencia, sus valores siempre son positivos. De esta forma, sólo a través de la columna (χ_{ij}^2) de la tabla 8.3.e no podemos saber si la coocurrencia entre los valores de los actos comunicativos y el respectivo momento de la instrucción ha sido mayor, o menor, a la frecuencia esperada. Así, para saber si la presencia de un acto comunicativo particular es mayor o menor en el discurso docente en los talleres SP o EV, en la columna $n_{ij} - E_{ij}$ de la

tabla 8.3.e evidenciamos la resta que es resultado de la sustracción de las respectivas frecuencias reales (n_{ij}) y los valores esperados (E_{ij}).

Además, en conjunto con la tabla 8.3.f, en la que exponemos las frecuencia absolutas y relativas porcentuales de las tipologías de actos comunicativos diferenciadas por fases de la instrucción de los talleres REVIR, podemos decir que el discurso docente categorizado por las familias de actos comunicativos recuperar y aportar es aquel que hace el discurso idiosincrático de cada fase de la instrucción. Por el contrario, el discurso docente categorizado por el acto comunicativo reconocer no marca una diferencia significativa entre los momentos de la instrucción. Es decir, el discurso docente que reconoce las ideas del alumnado durante el momento de familiarización parece ser propio de una tendencia general en los momentos de instrucción de los talleres REVIR.

Tabla 8.3.f. Frecuencia absoluta y relativa porcentual de tipologías de actos comunicativos diferenciados por las fases de la instrucción.

AC	Tipologías de AC	Fases de la instrucción					
		Familiarización		Discusión		Consenso	
		n_{ij}	f_{ij}	n_{ij}	f_{ij}	n_{ij}	f_{ij}
Solicitar	Sol-Des-Fen	18	8%	9	1%	4	1%
	Sol-Des-Int	16	7%	172	21%	98	18%
	Sol-Pred	2	1%	31	4%	11	2%
	Sol-Exp	15	6%	54	6%	35	7%
	Sol-Concr	36	15%	148	18%	51	10%
	Sol-Amp	24	10%	23	3%	55	10%
	Total solicitar	111	47%	437	53%	254	48%
Recuperar	Rec-Contr	1	0%	17	2%	12	2%
	Rec-Orient	3	1%	33	4%	6	1%
	Rec-Concl	4	2%	14	2%	23	4%
	Rec-Enf	4	2%	21	3%	28	5%
	Total recuperar	12	5%	85	10%	69	13%
Rev-Rcon	62	26%	214	26%	134	25%	
Aportar	Ap-Des-Fen	4	2%	3	0%	0	0%
	Ap-Des-Int	5	2%	22	3%	13	2%
	Ap-Pred	1	0%	0	0%	0	0%
	Ap-Exp	3	1%	7	1%	12	2%
	Ap-Concr	23	10%	52	6%	38	7%
	Ap-Amp	0	0%	2	0%	5	1%
	Ap-Pista	13	6%	10	1%	5	1%
	Total aportar	49	21%	96	12%	73	14%
Total	234	93%	832	93%	530	96%	

Así, las familias de actos comunicativos recuperar y aportar son aquellas que más se distancian del valor esperado durante las fases de la instrucción. Durante la fase de familiarización se encuentra la menor presencia del discurso docente categorizado por las tipologías pertenecientes a la familia recuperar. En las instancias iniciales de los talleres, el profesorado no ha tenido oportunidad de recuperar ideas enunciadas por el alumnado para contrastarlas, u orientarlas. De hecho, la pequeña presencia de las tipologías pertenecientes a este acto comunicativo se concreta a través de las tipologías **Rec-Enf** y **Rec-Concl**, las cuales, dentro de la fase de familiarización, promueven la continuidad de la exploración y cuestionamiento autónomo en los pequeños grupos de estudiantes. De hecho, esta idea es

complementada por la mayor presencia del discurso docente categorizado por el acto comunicativo aportar. En particular, las tipología que se encuentran más presentes dentro de la fase de familiarización es Ap-Concr y Ap-Pista, las cuales, más que modificar las ideas del alumnado, sugieren ideas que colaboran en la exploración y desarrollo de sus ideas iniciales. A pesar de que la frecuencia con que la familia solicitar categoriza el discurso docente no se diferencia de manera significativa con la tendencia general de los talleres REVIR, resulta importante destacar que se encuentra por debajo de la frecuencia esperada, relevando así la presencia de la familia aportar, o incluso, reconocer. Además, es interesante destacar que el discurso docente durante la familiarización tiende a ser más cercano al fenómeno o al montaje experimental (Sol-Des-Fen). Además, al ser una fase de instrucción que tiende a ser divergente en cuanto a las ideas que surgen, el profesorado tiende a incorporar discurso que fomente las opiniones y las distintas perspectivas del alumnado con respeto a una idea, o al fenómeno estudiado (Sol-Amp).

Durante la fase de discusión se encuentra la menor presencia de discurso docente categorizado con los actos comunicativos de la familia **aportar**. Esta fase de la instrucción se caracteriza por fomentar que el alumnado profundice en sus ideas y las ponga a prueba. De esta forma, de acuerdo con la finalidad didáctica de esta fase de la instrucción, el discurso docente categorizado con las tipologías de familia aportar tiende a limitarse a la tipología **Ap-Concr**, la cual suele tener una función relacionada al refinamiento de los progresos de ideas del alumnado. Además, aunque la diferencia de frecuencias sea pequeña, hay una mayor presencia de tipologías pertenecientes a la **familia solicitar**. En dicha familia, a diferencia de la fase de familiarización, prevalece el discurso docente categorizado con la tipología **Sol-Des-Int**. Es decir, en concordancia con la función de esta fase de la instrucción,

el discurso docente se focaliza en fomentar que el alumnado exprese sus ideas para describir, explicar y/o predecir el fenómeno estudiado. De hecho, durante esta fase de la instrucción hay una tendencia a que cada idea expresada por el alumnado sea cuestionada desde la tipología **Sol-Concr** y **Sol-Exp**. Así también, en cuanto a la familia recuperar, si bien, su frecuencia no se distancia significativamente de la frecuencia esperada, es necesario mencionar que sus tipologías durante esta fase de la instrucción tienden a ser homogéneas. Privilegiando, sobre todo, el discurso docente que media la concatenación de las ideas ya expresadas por el alumnado y que estas permitan un progreso hacia aquella más sofisticada (**Rec-Orient**); y aquel que destaca y refina las aportaciones del alumnado, ya sea para fomentar la continuidad del diálogo, o para revisar sus ideas (**Rec-Enf**). Además, cabe destacar que las frecuencias relativas de las familias de actos comunicativos durante esta fase de la instrucción son aquellas que más se asemejan a la tendencia general de la frecuencia de familias de actos comunicativos de todos los talleres REVIR. Es decir, el discurso docente en los talleres REVIR, en general, puede ser descrito tal como un gran momento de discusión. **Durante la fase de consenso** se encuentra la mayor presencia del acto **comunicativo recuperar**, mientras que el resto de familias de actos comunicativos poseen una frecuencia relativa que se asemeja a las frecuencias esperadas. Tal como es de esperar en una fase de la instrucción en la que se consensuan y revisan las ideas que previamente han sido discutidas, prevalecen las tipologías **Rec-Enf** y **Rec-Concl**. Estas tipologías tienen la función de fomentar la convergencia de ideas, conectando las ideas que han sido desarrolladas durante previas discusiones, y sólo pudiendo incorporar pequeños refinamientos que complementen las ideas didáctica aceptadas que el alumnado ya ha logrado construir. En cuanto al discurso categorizado con **la familia solicitar**, su frecuencia relativa vuelve a estar apenas por debajo

de la esperada. Sin embargo, es interesante destacar que las ideas que surgen durante esta fase de consenso tienden a ser cuestionadas por el profesorado a través de la tipología Sol-Amp. Es decir, el profesorado suele incentivar que las ideas previamente desarrolladas por el alumnado conversen entre sí, pretendiendo alcanzar un auténtico consenso de ideas en gran grupo. Por otro lado, la frecuencia relativa de la tipología **Sol-Des-Int** es mayor que la frecuencia relativa de la tipología **Sol-Concr**, lo cual sugiere que hay un intenso consenso de ideas. Esto no quiere decir que el profesorado se despreocupe de mediar el consenso de ideas a través de discusiones auténticas, similares a las que se han desarrollado durante la fase de discusión con los pequeños grupos de estudiantes. Por último, **el acto comunicativo aportar** tiene una frecuencia que se diferencia de la esperada, razón por la que el discurso de esta familia no es idiosincrática de esta fase de la instrucción.

Además, a través de la prueba chi-cuadrado del sub apartado 8.3.3 hemos podido ver que existe una relación entre el discurso docente categorizado por los de actos comunicativos y los momentos de la instrucción de los talleres REVIR. Sin embargo, a través de la prueba χ^2 sólo hemos podido saber que esta relación existe, pero no hemos podido saber qué tan intensa es esa relación. Así, a través del cálculo de la V de Cramér, que es una medida para calcular el tamaño del efecto de la prueba de independencia χ^2 , hemos podido saber qué tan fuerte es la relación entre el discurso docente categorizado por los actos comunicativos y los momentos de la instrucción.

Así, a través de la ecuación detallada en el sub apartado 7.2.3.2, el valor de la V de Cramér ha sido $V = 0,086$. De esta manera, al ser V menor que 0,2, podemos decir que, aunque la prueba de independencia χ^2 es estadísticamente significativa, el discurso docente

categorizado por las familias de actos comunicativos y las fases de la instrucción de los talleres REVIR se encuentran débilmente relacionados. De esta forma, a través del cálculo de la prueba χ^2 , hemos visto que hay un discurso docente propio de cada momento de la instrucción. Sin embargo, considerando el cálculo del coeficiente de asociación V de Cramér, hemos visto que dichas diferencias de discurso son débiles. Es decir, tras un discurso docente particular de cada fase de la instrucción, existe un discurso común propio de los talleres REVIR.

Capítulo 9: Discusión de la relación
entre el progreso de ideas del
alumnado, las prácticas de
modelización, y el discurso docente.



En el Estudio 1 hemos identificado las prácticas de modelización en las que participa el alumnado y los encadenamientos de prácticas de modelización que ocurren durante los talleres REVIR, cuyos resultados se presentan en el apartado 6.1. También hemos identificado los principales progresos de ideas del alumnado (apartado 6.2), y la relación que hay entre las prácticas de modelización y el progreso de las ideas (apartado 6.3).

En paralelo, en el Estudio 2 hemos identificado los actos comunicativos que categorizan el discurso docente (apartado 8.1), y hemos analizado su prevalencia durante los talleres REVIR (apartado 8.2), y su relación con las variables de contexto educativo (apartado 8.3).

Llegados a este punto, hemos querido dedicar un capítulo a discutir la relación que hay entre los Estudios 1 y 2, es decir, la relación entre los progresos de ideas del alumnado que identificamos, los encadenamientos de prácticas de modelización que permiten esos progresos de ideas, y el discurso docente que media ambos procesos. Para ello, buscamos identificar estrategias discursivas concretas, es decir, secuencias/articulaciones de tipologías de actos comunicativos que median el desarrollo de los encadenamientos de prácticas de modelización y los progresos de ideas del alumnado.

El primer paso para identificar estas estrategias discursivas ha sido analizar la prevalencia de tipologías de actos comunicativos analizados en el Estudio 2, cuya unidad de análisis es el enunciado del discurso docente, en función de cada uno de los encadenamientos de prácticas de modelización analizados en el Estudio 1, cuya unidad de análisis son los encadenamientos de secuencias discursivas. El resultado de integrar ambas aproximaciones se puede observar en la siguiente tabla 9.1.a, que muestra la prevalencia de tipologías de actos comunicativos en cada encadenamiento de prácticas de modelización.

Tabla 9.1.a. Frecuencias de familias de actos comunicativos y sus respectivas tipologías en cada uno de los encadenamientos de prácticas de modelización en el global de los talleres REVIR.

AC	Tipologías de AC	Talleres REVIR									
		Encadenamientos de prácticas de modelización								Total	
		Ex		ExE		ExER		(Ex)R		f_i	n_i
		f_i	n_i	f_i	n_i	f_i	n_i	f_i	n_i		
Solicitar	Sol-Des-Fen	0	0%	8	6%	6	1%	17	2%	31	2%
	Sol-Des-Int	27	20%	7	6%	98	16%	154	21%	286	18%
	Sol-Pred	1	1%	0	0%	24	4%	19	3%	44	3%
	Sol-Exp	13	10%	9	7%	44	7%	38	5%	104	7%
	Sol-Concr	19	14%	25	20%	110	18%	81	11%	235	15%
	Sol-Amp	5	4%	5	4%	49	8%	43	6%	102	6%
	Total solicitar	65	49%	54	43%	331	54%	352	49%	802	50%
Recuperar	Rec-Contr	0	0%	0	0%	18	3%	12	2%	30	2%
	Rec-Orient	0	0%	1	1%	24	4%	17	2%	42	3%
	Rec-Concl	0	0%	0	0%	24	4%	17	2%	41	3%
	Rec-Enf	6	5%	4	3%	12	2%	31	4%	53	3%
	Total recuperar	6	5%	5	4%	78	13%	77	11%	166	10%
Rev-Rcon	33	25%	35	28%	143	23%	199	28%	410	26%	
Aportar	Ap-Des-Fen	2	2%	2	2%	2	0%	1	0%	7	0%
	Ap-Des-Int	6	5%	1	1%	11	2%	22	3%	40	3%
	Ap-Pred	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	1	0%
	Ap-Exp	0	0%	3	2%	9	1%	10	1%	22	1%
	Ap-Concr	19	14%	14	11%	32	5%	48	7%	113	7%
	Ap-Amp	1	1%	0	0%	2	0%	4	1%	7	0%
	Ap-Pista	1	1%	11	9%	6	1%	10	1%	28	2%
	Total aportar	29	22%	32	25%	62	10%	95	13%	218	14%
Total	133		126		614		723		1596		

En primer lugar, la tabla 9.1.a nos permite identificar aquellas tipologías de actos comunicativos que se encuentran más presentes en cada uno de los encadenamientos de prácticas de modelización.

Por ejemplo, para el encadenamiento de expresión de ideas (Ex), la familia de actos comunicativos solicitar es la más frecuente. Dentro de ésta, las tipologías Sol-Des-Int, Sol-Des-Concr, y Sol-Exp, son las tipologías más frecuentes. Con respecto a la familia recuperar, la única tipología que prevalece es Rec-Enf. Mientras que en la familia aportar, las tipologías Ap-Concr y Ap-Des-Int son las más presentes.

Sin embargo, la mayor o menor presencia de tipologías de actos comunicativos no es suficiente para caracterizar el tipo de discurso que promueve los encadenamientos de prácticas de modelización. Así, para cubrir esta necesidad de caracterizar estos tipos de discurso docente, realizamos una lectura intencional de las transcripciones que nos ha permitido identificar momentos claves del discurso docente, donde, además de aparecer estas tipologías de actos comunicativos más frecuentes, apreciamos un especial valor didáctico en términos de la aparición o progreso de las ideas del alumnado. Un ejemplo de esto es el episodio Ep16 PC EV19, cuyas frecuencias relativas porcentuales de tipologías de actos comunicativos (tabla 9.1.b) se asemejan a las frecuencias prevalentes de este encadenamiento de prácticas de modelización (primera columna de la tabla 9.1.a), en el que comienza a desarrollarse la idea Mag-V.

Tabla 9.1.b. Frecuencias de familias de actos comunicativos y sus respectivas tipologías en el encadenamiento de prácticas de modelización Ex durante el Ep16 PC EV19.

AC	Tipologías de AC	Ep16 PC EV19	
		Ex	
		f_i	n_i
Solicitar	Sol-Des-Fen	0	0%
	Sol-Des-Int	10	34%
	Sol-Pred	0	0%
	Sol-Exp	2	7%
	Sol-Acla	5	17%
	Sol-Amp	1	3%
	Total solicitar	18	62%
Recuperar	Rec-Contr	0	0%
	Rec-Orient	0	0%
	Rec-Concl	0	0%
	Rec-Enf	1	3%
	Total recuperar	1	3%
Rev-Rcon		6	21%
Aportar	Ap-Des-Fen	0	0%
	Ap-Des-Int	2	7%
	Ap-Pred	0	0%
	Ap-Exp	0	0%
	Ap-Acla	2	7%
	Ap-Amp	0	0%
	Ap-Pista	0	0%
	Total aportar	4	14%
Total		29	

La lectura de los fragmentos de discurso de aula intencionalmente seleccionados como momentos clave de algunos de los episodios, nos permite identificar las formas en que se articulan las tipologías de actos comunicativos. Es decir, nos permite encontrar algunas formas concretas en las que se articula el discurso docente para los diferentes encadenamientos de prácticas de modelización.

A estas maneras de articular el discurso docente las hemos denominado **estrategias discursivas**, las cuales son secuencias concretas de tipologías de actos comunicativos oportunamente utilizadas por el profesorado para mediar que el alumnado participe de

discusiones y de prácticas de modelización específicas que promueven la expresión, cuestionamiento y progreso de sus ideas. Estas estrategias discursivas son propias e idiosincráticas de cada encadenamiento de prácticas de modelización, y resulta conveniente poder representarlas de una forma que describa cualitativamente cómo son esos discursos con el objetivo de inspirar la planificación del discurso docente.

Para realizar unas representaciones adecuadas para ejemplificar cada estrategia discursiva nos hemos inspirado en los gráficos de transición utilizados por Göhner y Krell (2022) y en el diagrama que el proceso de modelización (Krell et al., 2019), los cuales evidencian las transiciones entre actividades de modelización en las que participa un grupo de profesoras y profesores en formación. Estas representaciones se leen de arriba hacia abajo, ya que hemos pretendido sugerir un relato de tipologías de actos comunicativos que pueden mediar el desarrollo de encadenamientos de prácticas de modelización particulares. Dichas tipologías poseen distintas tonalidades de colores particulares, las cuales pretenden concordar con aquellas de las frecuencias relativas porcentuales de la tabla 9.1.a. Es decir, una tonalidad más oscura de una tipología de acto comunicativo particular implica que es más frecuente. Además, las tipologías se presentan en agrupaciones de una a cuatro tipologías. De esta forma, teniendo en consideración la tabla de frecuencias relativas porcentuales de la tabla 9.1.a, y, principalmente, luego de observar las transcripciones del discurso de aula, hemos representado cómo suelen sucederse las tipologías de actos comunicativos durante los encadenamientos de prácticas de modelización. Cuando existe una agrupación de tipologías de actos comunicativos, esto indica que todas las tipologías presentes en la agrupación son posibles en ese momento del discurso docente. Por ejemplo, si dos tipologías de actos comunicativos distintas se encuentran agrupadas al inicio de una estrategia discursiva, el

discurso docente puede empezar por una o por la otra indistintamente. Además, las puntas de las flechas sugieren las tipologías de actos comunicativos que probablemente suceden una tipología particular. Siguiendo el tipo de representación del progreso de las ideas del alumnado del Estudio 1, apartado 6.2, cada representación de estrategia discursiva cuenta con una franja azul vertical. Cuando ésta acaba de manera discontinua, sugiere que durante el encadenamiento de prácticas de modelización se inicia el progreso de una idea. Mientras que cuando es continua y acaba en una punta de flecha, sugiere que durante el encadenamiento de prácticas de modelización se ha finaliza el progreso de una idea. Por último, junto a las respectivas agrupaciones de tipologías, destacamos enunciados concretos del discurso docente que ocurren durante los momentos clave seleccionados y que ejemplifican las respectivas estrategias discursivas, especificando la línea de transcripción en la que son enunciados. Además, al final de cada sub apartado se encuentra el diálogo entre alumnado y docente que ejemplifica cada estrategia discursiva a partir del cual hemos obtenido los enunciados que se encuentran presentes en cada figura de estrategia discursiva. Así también, enmarcando cada una de estas representaciones de estrategias discursivas hemos añadido una barra horizontal en la parte superior que recuerda las prácticas de modelización involucradas durante el respectiva encadenamiento de prácticas de modelización. El código de colores usado es el mismo del apartado 6.1.

A continuación, presentamos las cuatro estrategias discursivas identificadas en los talleres REVIR nombrándolas a partir de combinaciones de enunciados que estimamos característicos y sugerentes del discurso docente en la respectiva estrategia discursiva. Estos enunciados no siempre se corresponden literalmente con lo que dicen los docentes en cada estrategia discursiva, pero sí comunican la intención del discurso docente característico de

dicha estrategia discursiva. Por ejemplo, la estrategia discursiva “Dónde, cuándo, cómo” indica aquel discurso docente con la intención de solicitar la expresión concreta de las ideas del alumnado, demandándole una descripción precisa. Para ello, sin embargo, se usan tanto las palabras dónde, cuándo y cómo, como otras equivalentes.

9.1. Estrategia discursiva “Dónde, cuándo, cómo”: Solicitar la expresión concreta de las ideas.

La estrategia discursiva “Dónde, cuándo, cómo” para *solicitar la expresión concreta de las ideas* (fig. 9.2.a) corresponde a una estrategia discursiva que media la exploración de las ideas del alumnado. Además, tal como podemos ver en la tabla 6.1.a, esta estrategia suele ocurrir durante las fases de familiarización y discusión. Debido a que el encadenamiento Ex media el inicio del progreso de las ideas alumnado, tanto el discurso docente, las tipologías que lo conforman, y, por lo tanto, la estrategia discursiva, no llevan al cierre de las discusiones con el alumnado, es decir, no finalizan el progreso de ideas. Sin embargo, al ser una estrategia discursiva propia del encadenamiento Ex, puede considerarse como la estrategia discursiva básica que media la exploración de las ideas del alumnado cuando esto se realiza de manera intencionada para conseguir un alto grado de detalle en las mismas.

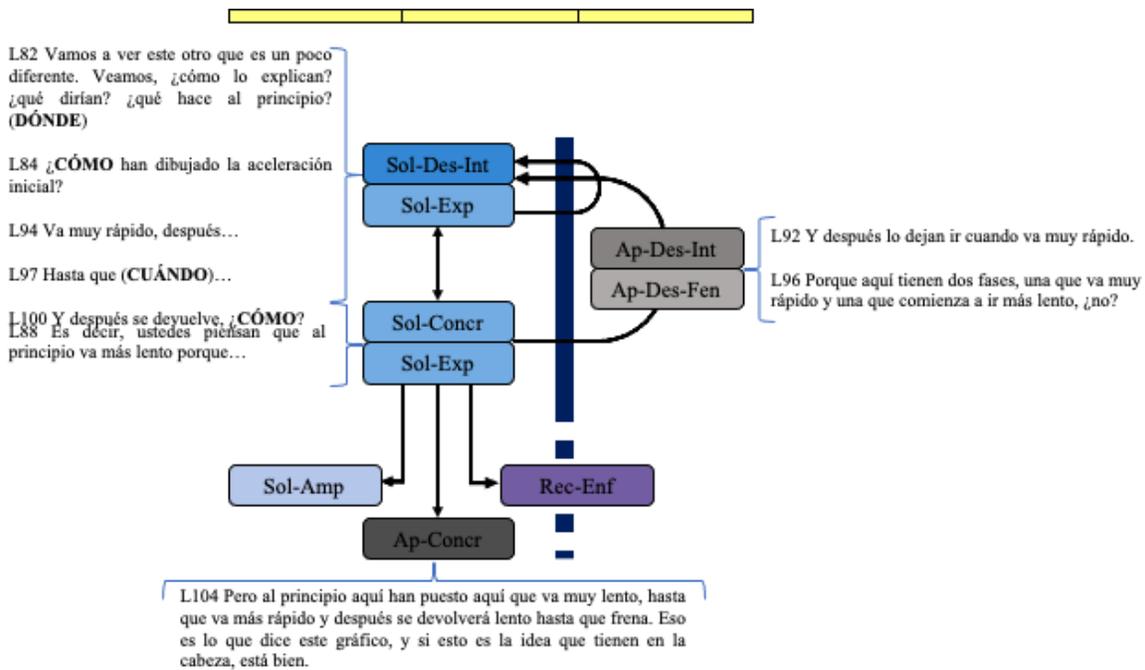


Fig. 9.2.a. Estrategia discursiva que media el encadenamiento de prácticas de modelización Ex.

De esta forma, esta estrategia discursiva que promueve el desarrollo de este encadenamiento de prácticas de modelización suele iniciar con enunciados del discurso docente categorizados con la tipología solicitar descripción interpretativa (**Sol-Des-Int**) o con la tipología solicitar explicación (**Sol-Exp**). Con estas tipologías se pretende que el alumnado comparta, sobre todo, las versiones iniciales de sus ideas, o los resultados que han sido producto de un previo debate, a través de preguntas concretas del profesorado del tipo dónde, cuándo y cómo. A esta primera agrupación de tipologías de actos comunicativos le suele suceder otras solicitudes de descripción interpretativa, u otras solicitudes de explicación (**Sol-Exp**), las cuales, esta vez, adquieren un rol relacionado a la exploración y profundización de las ideas del alumnado, incluyendo solicitudes de concreción (**Sol-Concr**). En particular, la tipología **Sol-Concr**, a través de la cual el profesorado suele buscar aclaración, profundización, o más detalle en las ideas expresadas previamente por el alumnado, posee una frecuencia relativa

menor que la tipología **Sol-Des-Int**. De esta forma, los diálogos que transcurren durante este tipo de encadenamientos parecen ser divergentes, al focalizarse en las distintas ideas que pueden surgir del alumnado durante los encadenamientos de prácticas de modelización de usar/expresar ideas. Así, el resto de las tipologías de la familia solicitar, tal como **Sol-Amp** y **Sol-Exp**, complementarían al desarrollo de esta divergencia de ideas, al solicitar explicaciones de ideas propuestas por el alumnado, u opiniones y nuevas perspectivas con respecto a éstas. Esto es concordante con la tendencia de que los episodios que son conformados por este encadenamiento tengan mayor presencia durante las fases de familiarización y discusión, mas no durante la fase de consenso (tabla 6.1.a).

A este discurso docente categorizado con la familia solicitar se le intercala discurso docente de la familia **aportar**. En concreto a través de tipologías **Ap-Concr**, y en menor medida a través de las tipologías **Ap-Des (int)** y **Ap-Des (fen)**. La presencia de la tipología **Ap-Concr**, puede ser debida a que, durante los momentos de exploración de las ideas del alumnado, la misma divergencia de ideas a la que aludimos previamente, mediadas a través de las tipologías de **actos comunicativos pertenecientes a la familia solicitar**, puede generar líneas de desarrollo de ideas que se alejen de aquellas que se espera que el alumnado desarrolle. De esta manera, a través de la tipología **aportar concreción** la docente puede otorgar detalles o especificaciones que orienten la ideas expresadas por el alumnado hacia aquellas que se pretende que desarrollen durante los talleres REVIR. Con respecto a las tipologías **Ap-Des (int)** y **Ap-Des (fen)** se caracterizan por ser tipologías que median que la atención del alumnado se movilice hacia el fenómeno que es estudiado, o algún aspecto de éste. En general, la función de este discurso de aportar intercalado con el discurso de solicitar

en un encadenamiento de modelización de expresión de ideas es ayudar al alumnado a familiarizarse con el fenómeno de estudio, y no alejarse del mismo.

Finalmente, la estrategia discursiva que media el encadenamiento Ex finaliza con tres tipologías de actos comunicativos que, de forma diferente, tienen la misma función: que el alumnado continúe la exploración de nuevas ideas y perspectivas de manera autónoma. Por un lado, predomina la tipología **Ap-Concr**. Cuando esta tipología de acto comunicativo media el cierre del encadenamiento de práctica de modelización Ex, la docente puede otorgar detalles o especificaciones que orienten las posteriores discusiones autónomas del alumnado hacia el desarrollo de aquellas ideas sofisticadas que se pretenden construir. De igual modo, la prevalencia de la tipología **Rec-Enf** al finalizar la estrategia discursiva puede ser debido a que, durante el cuestionamiento de las ideas del alumnado, y posterior a los enunciados categorizados con la familia solicitar, la docente destaca algún hecho o idea relevante que pudo haber sido expresado por el alumnado, motivando a que el alumnado continúe la exploración autónoma de dicha idea. Lo mismo puede conseguirse con la tipología **Sol-Amp** que parece motivar que el alumnado exprese nuevas perspectivas de las ideas desarrolladas. En esta estrategia discursiva “Dónde, cuándo, cómo” resulta interesante observar que en un encadenamiento de modelización que espera la expresión de ideas del alumnado no sólo se solicita: el discurso de aportar y recuperar mantiene el foco de la discusión y ejerce una forma de regulación mínima que se asegura de que emerjan realmente las ideas del alumnado, y éste sea consciente de las mismas. Esto es concordante con el principio de propósito de la enseñanza dialógica, porque se favorece la divergencia y apertura de ideas, pero de una forma mínimamente controlada.

Esta estrategia discursiva no sólo aparece cuando los encadenamientos de prácticas de modelización de expresión (Ex), sino que también cuando esta práctica de modelización de expresión aparece en otros encadenamientos acompañada de otras prácticas de modelización, tales como ExE, ExER, (Ex)R

9.2. Estrategia discursiva “Pensad si...”: Pistar y aclarar para poner a prueba las ideas.

La estrategia “Pensad si” para *Pistar y aclarar para poner a prueba las ideas* (fig. 9.1.b) corresponde a una estrategia que media la exploración y cuestionamiento de las ideas del alumnado. Además, tal como podemos ver en la tabla 6.1.a, esta estrategia suele ocurrir durante las fases de familiarización y discusión. Debido a que el encadenamiento ExE no media el consenso de ideas del alumnado, tanto el discurso docente, las tipologías que lo conforman, y, por lo tanto, la estrategia discursiva, no median el cierre de las discusiones con el alumnado. A diferencia de la estrategia discursiva que media el encadenamiento Ex, esta estrategia suele acabar estableciendo una idea más concreta que el alumnado puede continuar desarrollando y cuestionando.

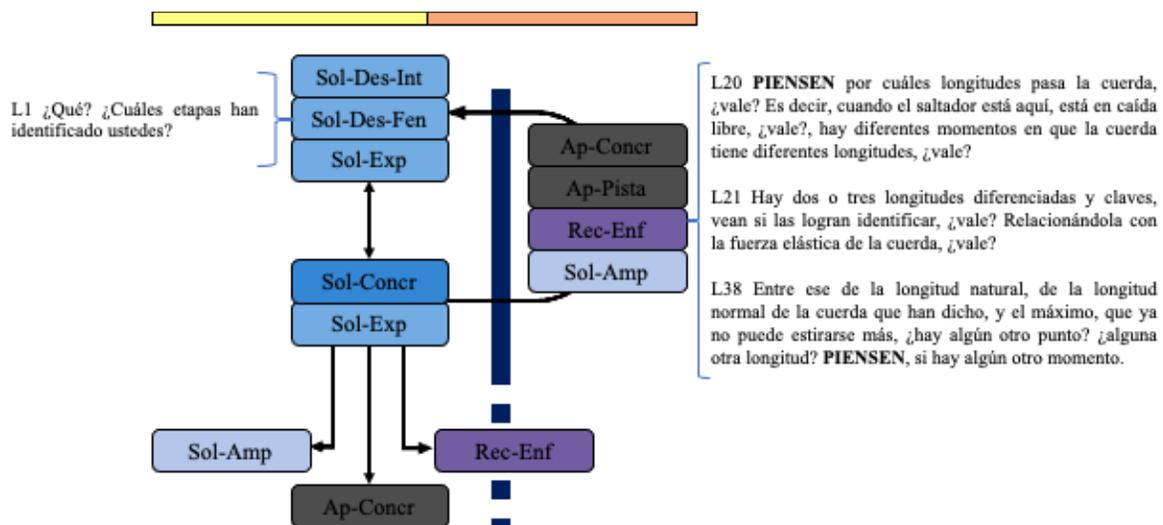


Fig. 9.1.b. Estrategia discursiva que media el encadenamiento de prácticas de modelización ExE.

De esta forma, esta estrategia discursiva que promueve el desarrollo de este encadenamiento de prácticas de modelización suele iniciarse con enunciados del discurso docente

categorizados con la tipología **Sol-Des-Int** o **Sol-Exp**, de la misma manera que la estrategia discursiva anterior “Dónde, cuándo, cómo”. Sin embargo, al querer promover el cuestionamiento de las ideas del alumnado, se incluyen enunciados del discurso docente de la tipología **Sol-Des-Fen**, los cuales tienen la capacidad de dirigir la atención del alumnado al montaje experimental, o evocar sus recuerdos sobre el fenómeno estudiado. Además, al igual que en la estrategia discursiva anterior, esta estrategia suele continuar con solicitudes de explicación (**Sol-Exp**) o con solicitudes de concreción (**Sol-Concr**). A diferencia de lo que ocurre en la estrategia discursiva anterior, la tipología **Sol-Concr**, a través de la cual el profesorado suele buscar aclaración, profundización, o más detalle en las ideas expresadas previamente por el alumnado, posee una frecuencia relativa mayor que la tipología **Sol-Des-Int**. De esta forma, los diálogos que transcurren durante este tipo de encadenamientos tienden a ser más convergentes, al focalizarse en el cuestionamiento de una idea particular que puede surgir del alumnado durante la práctica de modelización usar/expresar ideas.

A diferencia de la estrategia discursiva Ex, la agrupación de tipologías de actos comunicativos idiosincrática de la estrategia “Pensad si...” es conformada por las tipologías **Ap-Concr**, **Ap-Pista**, **Rec-Enf** y **Sol-Amp**, que tienen la función de invitar a cuestionar las ideas del alumnado y orientar este cuestionamiento.

Con respecto a la tipología **Ap-Concr**, cuando no fomenta el cierre de una discusión, esta tipología contribuye a la continuidad de la discusión con el alumnado. A través de ésta, la docente aporta un cambio, ajuste, o modificación a las ideas que han sido enunciadas por el alumnado, para promover su cuestionamiento y desarrollo. Cabe destacar que si en el discurso docente prevaleciera esta tipología por encima de las de solicitar, podría respaldar el desarrollo de un discurso de aula lejano a uno dialógico, al no mediar el progreso de las

ideas desde el principio colectivo y acumulativo de la enseñanza dialógica. Sin embargo, en cantidades tales como las que se especifican en la tabla 6.1.a., y siendo posteriores a la expresión de ideas del alumnado a través de actos comunicativos pertenecientes a la familia solicitar, este discurso contribuye a la fluidez de la interacción entre alumnado y docente.

Por otro lado, pero siguiendo la misma función de la tipología **Ap-Concr**, la tipología **Ap-Pista** es una tipología propia del discurso docente que media el desarrollo de los encadenamientos de prácticas de modelización ExE, debido a que es en este encadenamiento en el que alcanza la mayor frecuencia relativa (tabla 6.1.a). A través de esta tipología el profesorado desafía las ideas previamente enunciadas por el alumnado con enunciados que les permitan reflexionar en torno a sus ideas, y además, otorga una dirección para la elaboración de versiones más sofisticadas de éstas.

Con la tipología **Rec-Enf** ubicada en este agrupación de tipologías, la docente destaca algún hecho o idea relevante enunciada por el alumnado, pudiendo reformularlo, complementándolo, incorporando alguna idea, o ajustando lo que el alumnado ha querido mencionar, sin que esto cambie drásticamente lo que ha querido decir.

Por último, con la tipología **Sol-Amp**, al igual que con las tipologías previamente mencionadas, se media la continuidad del diálogo entre alumnado y docente al fomentar que el alumnado comparta y considere distintos puntos de vista con respecto a las ideas desarrolladas, invitándoles a incorporar nuevas perspectivas que ayuden a enriquecer la discusión para sofisticar sus ideas.

Finalmente, la estrategia discursiva que media el encadenamiento ExE finaliza con las mismas tres tipologías de actos comunicativos que la estrategia discursiva Ex, cuya función ha sido descrita en el apartado anterior.

Cabe mencionar que las similitudes entre las estructuras de las estrategias discursivas los encadenamientos Ex y ExE, y de las tipologías que las actos comunicativos que las conforman, resultan ser esperados, debido a que la práctica de modelización usar/expresar ideas es común para ambas. Así, es esperable que las diferencias de estrategias discursivas se relacionen a la presencia y ausencia de la práctica de modelización evaluar ideas. De hecho, podemos asociar al agrupamiento de tipologías de actos comunicativos **Ap-Concr**, **Ap-Pista**, **Rec-Enf** y **Sol-Amp**, esta función de promover la evaluación a través del cuestionamiento y orientación del cuestionamiento de las ideas del alumnado.

A continuación, presentamos una parte del episodio 1 del taller SP19, cuyas secuencias discursivas han sido categorizadas con el encadenamiento de prácticas de modelización ExE. Este episodio se desarrolla en torno a los instantes e intervalos del movimiento de descenso del saltador que el alumnado piensa que pueden servir para estudiar su movimiento. En particular, durante la secuencia discursiva de a continuación el alumnado sólo considera aquellos instantes que son percibidos a través de sus sentidos, mas no a través de las ideas del modelo de fuerzas. Es decir, el alumnado no considera el instante en que el módulo de la fuerza elástica de la cuerda se iguala con el módulo del peso del saltador.

#	Actos comunicativos	Discurso de la docente y del alumnado (Ep1 IP SP19)	P.M.	Idea
1	Sol-Des-Int	D1: ¿Qué? ¿Cuáles etapas han identificado ustedes? [<i>Instantes y tramos por los que pasa el saltador de puenting</i>].	■	Mov- Infl
2		E: Habíamos puesto tres, pero con dos ya está [<i>Refiriéndose a las etapas reconocidas para estudiar el movimiento de salto de puenting</i>].		
3	Sol-Des-Int	D1: ¿Sí? ¿Qué han puesto?		
4		E: Hemos puesto, más o menos son...		
5	Rev-Rcon	D1: Mhm.		
6		E: Cuando comienza a caer [<i>El saltador</i>], es como si fuese una caída libre.		
7	Rev-Rcon	D1: Mhm.		
8		E: Y que la cuerda no está ejerciendo fuerza elástica.		
9	Rev-Rcon	D1: No está haciendo... Vale.		
10		E: Y llega un momento en que la cuerda está tensa. Llega a punto en que la cuerda comienza a actuar con una fuerza elástica.		
11	Rev-Rcon	D1: Vale.		
12		E: Y entonces, llega la etapa cuando la cuerda ya está actuando del todo.		
13	Rev-Rcon	D1: Vale.		
14		E: Sigue bajando aún un poco, pero no sé si dividirlo [<i>Refiriéndose al tramo</i>] en sólo dos...		
15	Rec-Enf	D1: Vale. Es decir, una etapa es cuando la cuerda comienza a tensarse,		
16	Sol-Des-Fen	D1: Y la otra es cuando ya ¿qué?		
17		E: Cuando el saltador ya llega abajo.		
18	Rev-Rcon	D1: Cuando ya llega abajo, sí.		
20	Ap-Pista	D1: Piensen por cuáles longitudes pasa la cuerda, ¿vale? Es decir, cuando el saltador está aquí, está en caída libre, ¿vale?, hay diferentes momentos en que la cuerda tiene diferentes longitudes, ¿vale?	■	
21	Ap-Pista	D1: Hay dos o tres longitudes diferenciadas y claves, vean si las logran identificar, ¿vale? Relacionándola con la fuerza elástica de la cuerda, ¿vale?		
22		E: Vale, una sería la longitud normal de la cuerda.		
23	Rev-Rcon	D1: La longitud, sí, exacto, ¿sí? ¿no?		
24	Ap-Des-Fen	D1: Claro, es decir, aquí está cayendo, ¿no?		
25		E: La cuerda aquí no está haciendo fuerza.		
26	Ap-Des-Int	D1: Ahora aquí está comenzando a hacer la fuerza elástica,		
27	Sol-Des-Fen	D1: ¿Esto qué longitud es?		
28		E: La normal.		
29	Rev-Rcon	D1: La normal de la cuerda, ¿no?		
30		E: Sí.		
31	Sol-Des-Fen	D1: Vale, y después...		
32		E: Va aumentando.		
33	Rev-Rcon	D1: Va aumentando la longitud, ¿no?		
34		E: Sí.		
35	Sol-Des-Fen	D1: ¿Hasta qué?		
36		E: Creo que es máxima la longitud		
37	Rev-Rcon	D1: Vale, llega a un punto máximo.		
38	Ap-Pista	D1: Entre ese de la longitud natural, de la longitud normal de la cuerda que han dicho, y el máximo, que ya no puede estirarse más, ¿hay algún otro punto? ¿alguna otra longitud? Piensen, si hay algún otro momento.		

9.3. Estrategia discursiva “Pero antes has dicho que...”: Recuperar para reconstruir las ideas.

La estrategia “Pero antes has dicho que...” para *Recuperar para reconstruir las ideas* (fig. 9.1.d) corresponde a una estrategia discursiva que media la exploración, cuestionamiento, y revisión de las ideas del alumnado. Tal como podemos ver en la tabla 6.1.a, esta estrategia suele ocurrir, sobre todo, durante la fase de discusión. A diferencia de las estrategias discursivas que median el encadenamiento Ex y ExE, esta estrategia acaba con la revisión de las ideas del alumnado, involucrando así todas las prácticas de modelización en un ciclo completo.

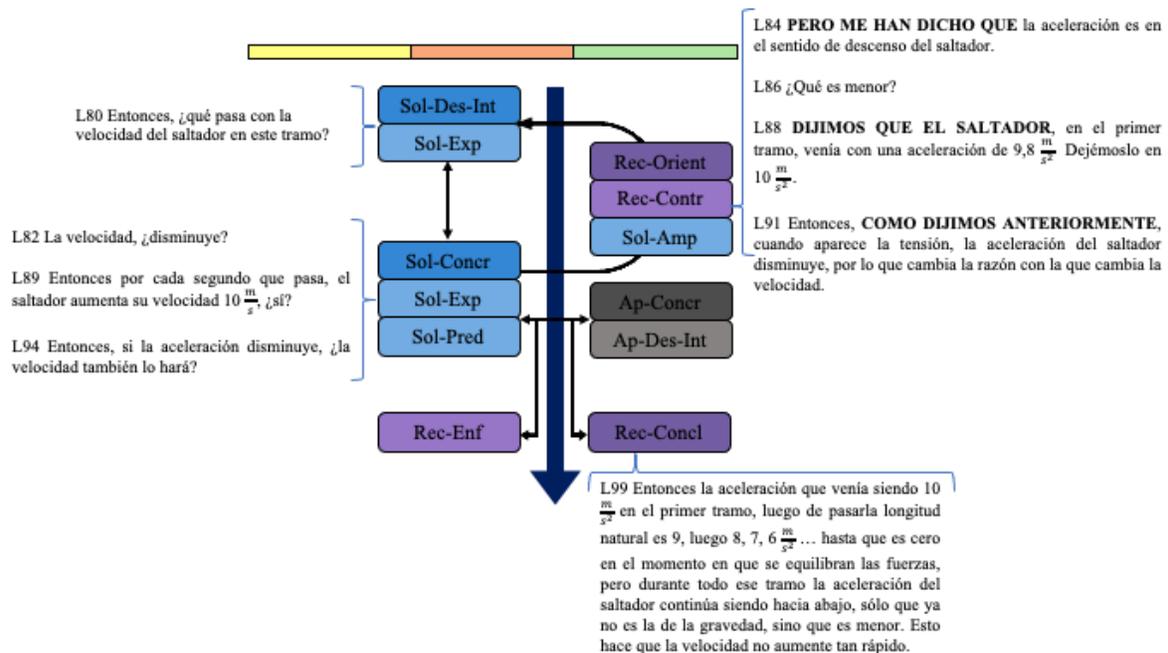


Fig. 9.1.d. Estrategia discursiva que media el encadenamiento de prácticas de modelización ExER.

Al igual que con las estrategias discursivas anteriores, esta estrategia discursiva “Pero antes has dicho que...” suele iniciarse con enunciados del discurso docente categorizados con la

tipología **Sol-Des-Int** o **Sol-Exp**, y suele continuar con solicitudes de explicación (**Sol-Exp**) o con solicitudes de concreción (**Sol-Concr**). Sin embargo, la tipología **Sol-Concr**, a través de la cual el profesorado suele buscar aclaración, profundización, o más detalle en las ideas expresadas previamente por el alumnado, posee una frecuencia relativa similar que la tipología **Sol-Des-Int**. De esta forma, en los diálogos que transcurren durante este tipo de encadenamientos el profesorado tiende a solicitar aclaración de cada una de las ideas expresadas por el alumnado, en vistas de consensuar y revisar cada una de éstas. Además, es necesario destacar que en esta estrategia discursiva surgen enunciados del profesorado que han sido categorizados con la tipología **Sol-Pred**. Así, cuando el profesorado interactúa con el alumnado con la finalidad de mediar la evaluación y revisión de ideas del alumnado, suele invitarle a participar de situaciones que le invitan a predecir en base a sus ideas.

Posteriormente, el discurso docente puede seguir de dos maneras, donde cada una depende de si es necesario orientar la discusión hacia el cuestionamiento de ideas del alumnado, o hacia la revisión de ideas.

Cuando es necesario cuestionar las ideas del alumnado el discurso docente transita hacia una agrupación de tipologías de actos comunicativos, tales como **Rec-Orient**, **Rec-Contr**, y **Sol-Amp**. A través de la tipología **Rec-Orient**, el profesorado media que el alumnado revise de manera ordenada ideas que han sido hitos relevantes en el progreso hacia aquellas didácticamente aceptadas, y, de esta manera, que el posterior diálogo se oriente hacia discusiones que continúen la sofisticación de dichas ideas. Por otro lado, a través de la tipología **Rec-Contr**, el profesorado media que el alumnado reconozca, explícitamente, a qué idea adhieren para describir, explicar, y/o predecir cierto fenómeno. De esta manera, y a través de los posteriores enunciados categorizados con las tipologías de la **familia solicitar**,

se espera que el alumnado debata y resuelva las diferencias entre aquellas ideas propuestas en momentos previos, con aquellas que se expresan actualmente, y que, de esta forma, lleguen a un consenso. De este modo, a través de las tipologías **Rec-Orient** y **Rec-Contr**, y en menor medida con la tipología **Sol-Amp**, se articula un diálogo que recupera aquellas ideas importantes para revisitarlas y, en su caso, contrastarlas.

Por otro lado, cuando el discurso docente orienta la discusión con el alumnado hacia la revisión de sus ideas, la presencia de la tipología **Ap-Concr**, y en menor medida **Ap-Des-Int**, cobran mayor protagonismo. Esta tipología **Ap-Concr**, que en las estrategias discursivas anteriores Ex y ExE se utilizaban en momentos finales para promover la discusión autónoma posterior del alumnado, durante el encadenamiento ExER sirve para promover la revisión de ideas de forma orientada. De hecho, es a través de esta tipología con la que el profesorado proporciona un cambio, ajuste, o modificación a las ideas que han sido enunciadas por el alumnado, pero siempre teniendo en consideración que debe ser el mismo alumnado quien sea protagonista en el progreso de ideas. Es decir, más que cambiar o modificar las ideas del alumnado, sugieren ideas que colaboran en el desarrollo de aquellas del alumnado.

La estrategia discursiva “Pero antes has dicho que...” tiende a finalizar con las tipologías **Rec-Enf** y **Rec-Concl**. A través de estas tipologías la docente destaca algún hecho o idea relevante que pudo haber sido expresado por el alumnado a lo largo del encadenamiento ExER (o Ex y ExE), con el objetivo final de promover la sofisticación de las ideas del alumnado y el consenso local de las mismas. Por otro lado, también ayuda a que el alumnado conecte las principales ideas que han sido desarrolladas a lo largo del encadenamiento ExER (o Ex y ExE), de tal manera que la idea concluida sea lógicamente derivada de las anteriormente consensuadas. De hecho, dichas ideas previamente consensuadas durante el

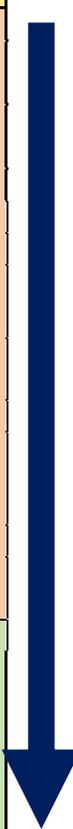
encadenamiento pueden haber sido destacadas a través de la tipología **Rec-Enf**. Además, es necesario destacar que durante el encadenamiento de prácticas de modelización ExER, la estrategia discursiva del profesorado tiende a incorporar las cuatro tipologías pertenecientes a la **familia recuperar**. Es decir, en esta estrategia discursiva destaca aquel discurso que permite que el alumnado revise aquellas ideas clave que han respaldado sus descripciones, explicaciones y/o predicciones sobre el fenómeno estudiado durante momentos previos de la discusión.

Cabe mencionar que durante el encadenamiento ExER, el cual ha sido ampliamente documentado en la literatura por ser conformado por todas las prácticas de modelización, y en el que además observamos que ocurre el grueso de los progresos de ideas del alumnado, se produce un cambio en la distribución en familias de actos comunicativos respecto a las estrategias discursivas anteriores. Así, la prevalencia de las aportaciones que realiza el alumnado, fomentadas por un discurso docente focalizado en solicitar, es más protagónica de lo habitual. Además, la abundancia de la presencia de actos comunicativos de la familia recuperar se relaciona con el hecho de que, a diferencia de las estrategias discursivas de los encadenamiento Ex y ExE, la frecuencia relativa de la familia aportar se reduce considerablemente durante esta estrategia. Es decir, esta estrategia discursiva se caracteriza por un trabajo del profesorado centrado en ayudar al alumnado a sofisticar las ideas que han surgido anteriormente.

Finalmente, tal como podemos ver en la tabla 9.1.a, las frecuencias relativas de las tipologías que coocurren con el encadenamiento ExER son las que más se asemejan a la tendencia general de tipologías de todos los talleres REVIR. De esta manera, los talleres REVIR pueden

ser entendidos como un gran encadenamiento ExER, el cual es mediado a través de la estrategia discursiva “Pero antes has dicho que...”.

A continuación, presentamos una parte del episodio 7 del taller SP20, cuyas secuencias discursivas han sido categorizadas con el encadenamiento de prácticas de modelización ExER. Este episodio se desarrolla en torno a la idea intuitiva a través de la que el alumnado piensa que, si el módulo de la fuerza resultante que se ejerce sobre el saltador disminuye, pero sin cambiar su sentido, el módulo de la velocidad del saltador disminuye. Es decir, el alumnado piensa que el módulo de la fuerza ejercida sobre el saltador es directamente proporcional a la velocidad del saltador.

#	Acto comunicativo.	Discurso de la docente y del alumnado (Ep7 IP SP20)	P.M.	Idea
80	Sol-Des-Int	D2: Entonces, ¿qué pasa con la velocidad del saltador en este tramo?	Yellow	Mag-V
81		E: Disminuye.		
82	Sol-Concr	D2: La velocidad, ¿disminuye?	Orange	
83		E: Disminuye, porque el saltador va rápido y cuando aparece la tensión disminuye su velocidad hasta que lo frena.		
84	Rec-Contr	D2: Pero me han dicho que la aceleración es en el sentido de descenso del saltador		
85		E: Es menor.		
86	Sol-Concr	D2: ¿Qué es menor?		
87		E: La aceleración.		
88	Rec-Orient	D2: Dijimos que el saltador, en el primer tramo, venía con una aceleración de $9,8 \frac{m}{s^2}$. Dejémoslo en $10 \frac{m}{s^2}$.		
89	Ap-Concr	D2: Entonces por cada segundo que pasa, el saltador aumenta su velocidad 10 m/s, ¿sí?		
90		E: Sí.		
91	Rec-Orient	D2: Entonces, como dijimos anteriormente, cuando aparece la tensión, la aceleración del saltador disminuye, por lo que cambia la razón con la que cambia la velocidad.		
92		E: Porque aparece la tensión.		
94	Sol-Concr	D2: Entonces, si la aceleración disminuye, ¿la velocidad también lo hará?	Green	
95		E: La velocidad aumentará, pero más lento.		
99	Rec-Concl	D2: Entonces la aceleración que venía siendo $10 \frac{m}{s^2}$ en el primer tramo, luego de pasarla longitud natural es 9, luego 8, 7, $6 \frac{m}{s^2}$... hasta que es cero en el momento en que se equilibran las fuerzas, pero durante todo ese tramo la aceleración del saltador continúa siendo hacia abajo, sólo que ya no es la de la gravedad, sino que es menor. Esto hace que la velocidad no aumente tan rápido.		

9.4. Estrategia discursiva “¿Sí? ¿Vale?”: Enfatizar para reforzar el consenso de las ideas.

La estrategia “¿Sí? ¿Vale?” para *Enfatizar para reforzar el consenso de las ideas* (fig. 9.1.e) corresponde a una estrategia discursiva que media, sobre todo, la revisión de las ideas del alumnado en un momento final de las discusiones. Tal como podemos ver en la tabla 6.1.a, esta estrategia suele ser utilizada por el profesorado cuando el alumnado ya ha tenido oportunidad previa de expresar, evaluar e incluso revisar sus ideas (por ejemplo, durante las interacciones personales de la fase de discusión), y se suele encontrar en un momento de necesitar el consenso de las mismas. Es decir, es una estrategia discursiva asociada a un encadenamiento de práctica de modelización que suele surgir en las fases de consenso.

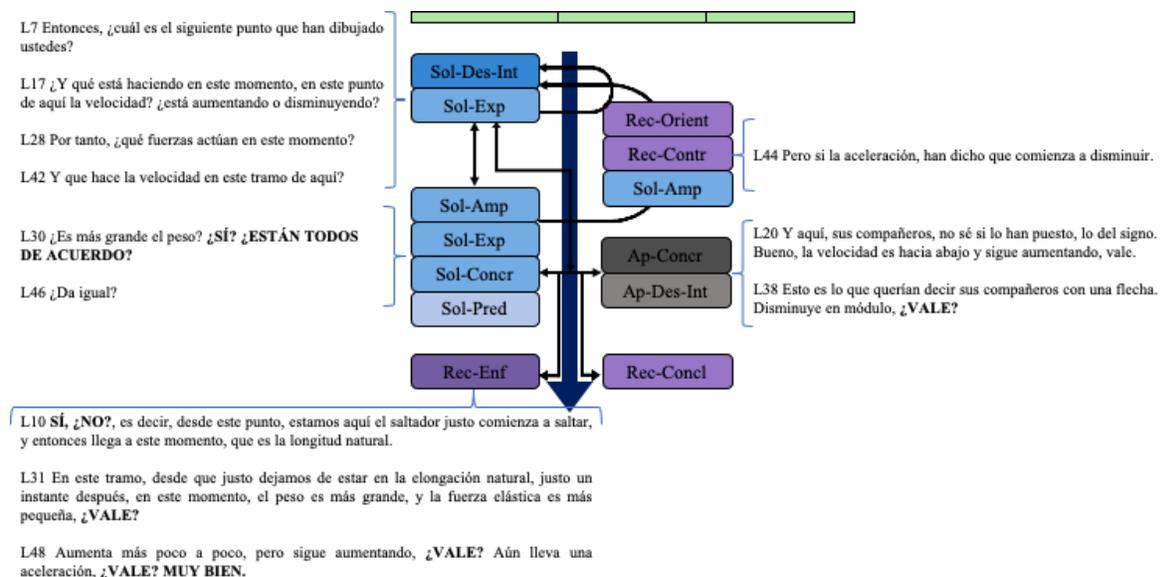


Fig. 9.1.e. Estrategia discursiva que media el encadenamiento de prácticas de modelización (Ex)R.

Al igual que con las estrategias discursivas anteriores, esta estrategia discursiva “¿Sí? ¿Vale?” suele iniciarse con enunciados del discurso docente categorizados con la tipología

Sol-Des-Int o **Sol-Exp**, para luego continuar con solicitudes de explicación (**Sol-Exp**) o con solicitudes de concreción (**Sol-Concr**). Posteriormente, el discurso docente puede seguir de dos maneras, donde cada una depende de si es necesario orientar la discusión nuevamente hacia el cuestionamiento y revisión de ideas del alumnado (por ejemplo, cuando hay ideas que han sido evaluadas y revisadas, pero que aún no están claras para el alumnado), o cuando se puede ir directamente hacia el consenso grupal de ideas.

En el caso en el que se requiere cuestionamiento y revisión de ideas, esta estrategia “¿Sí? ¿Vale?” posee similitudes con respecto a la estrategia discursiva relacionada al encadenamiento ExER (“Pero antes has dicho que...”), y, de hecho, cuando la docente usa esta estrategia discursiva utiliza en el gran grupo el mismo tipo de discurso que utilizó durante la promoción de cuestionamiento y revisión de ideas en los pequeños grupos, deteniéndose en la agrupación de tipologías de acto comunicativo que promueve el cuestionamiento de las ideas del alumnado (**Rec-Contr**, **Rec-Orient**, **Sol-Amp**).

Por otro lado, cuando se puede orientar el discurso docente hacia el consenso grupal de ideas, vemos diálogos en los que las ideas del alumnado, que ya han tenido oportunidad de ser revisadas durante discusiones previas con el profesorado, transcurren muy rápido. De hecho, a diferencia de las estrategias discursivas anteriores, el discurso docente, luego de iniciar a través de las tipologías **Sol-Des-Int** o **Sol-Exp**, puede transitar directamente hacia un discurso categorizado con las tipologías **Rec-Enf** y **Rec-Concl** que poseen la misma función que en la estrategia “Pero antes has dicho que...” de fomentar la revisión y consenso de las ideas del alumnado, esta vez, a nivel más general. De hecho, la reducción de la frecuencia relativa de las tipologías **Rec-Orient** y **Rec-Contr** orientadas a promover la evaluación de las ideas del alumnado disminuyen respecto a la estrategia discursiva anterior, privilegiando

el discurso docente que fomenta la revisión y consenso de ideas finales a modo de conclusión **(Rec-Enf y Rec-Concl)**.

En esta estrategia discursiva “¿Sí? ¿Vale?” resulta interesante observar que en un encadenamiento de modelización que se orienta explícitamente consenso (en general y en gran grupo) de las ideas construidas a lo largo de las fases de la instrucción, el discurso de aportar sigue sin ser el mayoritario. Esto nos indica también en la fase de consenso el discurso del REVIR continúa cumpliendo con los principios colectivo, recíproco y acumulativo de la enseñanza dialógica. Y, de hecho, en las estrategias discursivas asociadas a los encadenamientos de prácticas de modelización Ex y ExE, donde no hay revisión ni consenso de las ideas, hay proporcionalmente más discurso de aportación que en las estrategias asociadas a los encadenamientos ExER y (Ex)R. Este estrategia discursiva de tipo “¿Sí? ¿Vale?” nos muestra cómo se puede llegar a un consenso de ideas progresivamente más sofisticadas desde las ideas previamente construidas por el alumnado.

A continuación, en presentamos una parte del episodio 9 del taller SP19, cuyas secuencias discursivas han sido categorizadas con el encadenamiento de prácticas de modelización (Ex)R. Este episodio se desarrolla en torno las ideas de fuerza, velocidad y aceleración utilizadas para describir y explicar el movimiento de descenso del saltador, las cuales, en su mayoría, han sido consensuadas durante previas interacciones personales entre el alumnado y el profesorado.

#	Acto comunicativo	Discurso de la docente y del alumnado (Ep9 PC SP19)	P.M.	Idea
7	Sol-Des-Fen	D1: Entonces, ¿cuál es el siguiente punto que han dibujado ustedes?	↓	Mag-A
8		E: Cuando la cuerda está en su longitud natural.		
9	Rev-Rcon	D1: Exacto, cuando la cuerda está en su longitud natural.		
10	Rec-Enf	D1: Sí, ¿no?, es decir, desde este punto, estamos aquí [<i>Tomando la cuerda, el pote y la canica para mostrar dicho momento en que la cuerda posee la longitud natural</i>] el saltador justo comienza a saltar, y entonces llega a este momento, que es la longitud natural.		
11	Sol-Des-Int	D1: Aquí, ¿cuáles fuerzas están actuando en este momento? Aquí aún no estoy estirando.		
12		E: Sólo el peso.		
13	Rev-Rcon	D1: Sólo actúa la fuerza del peso, vale.		
14	Sol-Des-Int	D1: Por tanto, ¿cuál aceleración tiene este saltador en este momento? [<i>Refiriéndose al momento en que el saltador acaba de saltar</i>].		
15		E: 9,8.		
16	Rev-Rcon	D1: 9,8 que es la gravedad, ¿vale?		
17	Sol-Des-Int	D1: ¿Y qué está haciendo en este momento, en este punto de aquí la velocidad? [<i>Señalando en el dibujo de la pizarra el momento en que el saltador acaba de saltar</i>] ¿está aumentando o disminuyendo? [<i>Refiriéndose al momento en que el saltador acaba de saltar</i>].		
18		E: Está aumentando.		
19	Rev-Rcon	D1: Está aumentando, ¿vale?		
20	Ap-Des (int)	D1: Y aquí [<i>Señalando en el diagrama el momento en que el saltador acaba de saltar</i>], sus compañeros, no sé si lo han puesto, lo del signo. Bueno, la velocidad es hacia abajo y sigue aumentando, vale.		
21	Sol-Des-Int	D1: Y en este punto [<i>Señalando en el diagrama el momento en que la cuerda alcanza su longitud natural</i>]... ¿qué pasa en este momento? ¿qué han dicho que pasa aquí? El saltador, ¿no?, estaba en la longitud natural de la cuerda, pero ¿qué pasa un instante después? ¿qué aparece? [<i>Tomando la cuerda, el pote y la canica para mostrar dicho momento en que la cuerda posee la longitud natural</i>].		
22		E: La tensión.		
23		E: La fuerza elástica.		
24	Rev-Rcon	D1: La fuerza elástica, ¿no?		
25	Sol-Des-Int	D1: Por tanto, ¿qué fuerzas actúan en este momento?		
26		E: La fuerza elástica y el peso.		
27	Rev-Rcon	D1: La fuerza elástica, en sentido hacia arriba, y el peso del saltador [<i>Señalando en el diagrama de fuerzas dibujado en la pizarra ambas fuerzas y poniendo énfasis en el sentido de ambas</i>].		
28	Sol-Acla	D1: ¿Son iguales aquí las dos fuerzas?		
29		E: No, es más grande el peso.		
30	Sol-Amp	D1: ¿Es más grande el peso? ¿sí? ¿están todos de acuerdo?		
31	Rec-Enf	D1: En este tramo, desde que justo dejamos de estar en la elongación natural, [<i>Tomando la cuerda, el pote y la canica para mostrar dicho momento en que la cuerda posee la longitud natural</i>], justo un instante después, en este momento, el peso es más grande, y la fuerza elástica es más pequeña, ¿vale?		
32	Sol-Des-Int	D1: Por tanto, ¿qué pasa aquí con la aceleración?		
33		E: Comienza a disminuir.		
34	Rec-Enf	D1: ¿Comienza a disminuir? ¿sí? Claro, aquí hemos dicho, que entre estos dos puntos [<i>Señalando en el dibujo de la pizarra el momento en que el saltador acaba de saltar y el momento en que la cuerda alcanza su longitud natural</i>],		

		la aceleración era sólo la de la gravedad, pero en este momento, comienza a haber una fuerza en sentido contrario	
35	Sol-Des-Int	D1: Por tanto la aceleración... <i>[Apuntando hacia el cielo con el dedo para enfatizar el sentido de la fuerza elástica].</i>	
36		E: Disminuye.	
37	Rev-Rcon	D1: Disminuye, ¿vale?,	
38	Ap-Acla	D1: Esto es lo que querían decir sus compañeros con una flecha. Disminuye en módulo, ¿vale?	
39	Sol-Des-Int	D1: Con signo, ¿cómo es la aceleración? ¿va hacia arriba o va hacia abajo? <i>[Moviendo la mano frente a la pizarra según el sentido de la aceleración].</i>	
40		E: Hacia abajo.	
41	Rev-Rcon	D1: Va hacia abajo, ¿vale? Muy bien,	
42	Sol-Des-Int	D1: ¿Y que hace la velocidad en este tramo de aquí? <i>[Señalando en el dibujo de la pizarra con la trayectoria del saltador, aquel tramo comprendido entre los momentos en que la cuerda alcanza su longitud natural y aquel en que se igualan el peso y la fuerza elástica de la cuerda].</i>	
43		E: Sigue aumentando.	
44	Rec-Contr	D1: Pero si la aceleración, han dicho que comienza a disminuir <i>[Moviendo su mano hacia arriba frente a la pizarra para enfatizar el sentido de la aceleración asociada a la fuerza elástica].</i>	
45		E: Da igual.	
46	Sol-Acla	D1: ¿Da igual?	
47		E: Aumenta más poco a poco.	
48	Rec-Enf	D1: Aumenta más poco a poco, pero sigue aumentando, ¿vale? Aún lleva una aceleración, ¿vale? Muy bien.	
49	Ap-Acla	D1: Entonces, a esto lo llamaremos tramo, porque todo esto afecta a todo este espacio, ¿vale?, de tiempo aquí <i>[Refiriéndose a aquel tramo comprendido entre los momentos en que la cuerda alcanza su longitud natural y aquel en que se igualan el peso y la fuerza elástica de la cuerda].</i>	

Capítulo 10: Conclusiones y limitaciones



En este capítulo presentamos las conclusiones del conjunto de la tesis, incluyendo tanto aquellas que se derivan de los resultados del Estudio 1 (capítulo 6), las que se derivan de los resultados del Estudio 2 (capítulo 8), y las que se derivan de la relación entre ambos estudios (capítulo 9). En primer lugar, en el apartado 10.1 presentamos las conclusiones metodológicas y las limitaciones de esta investigación, las que se relacionan, principalmente, con la toma de datos, y algunas variables de contexto educativo no consideradas en el análisis. Posteriormente, organizamos las conclusiones en cuatro apartados, los cuales se relacionan con las prácticas de modelización en las que participa el alumnado (apartado 10.2), los progresos de ideas del alumnado (apartado 10.3), y el discurso docente que guía el desarrollo de los talleres REVIR (apartado 10.4). A continuación, en el apartado 10.5 presentamos las conclusiones que relacionan los resultados asociados a las conclusiones de los sub apartados 10.2, 10.3, y 10.4.

10.1. Conclusiones metodológicas y limitaciones de la investigación.

En el presente apartado exponemos las conclusiones relacionadas a la metodología usada y las limitaciones relacionadas al contexto de investigación.

10.1.1. El contexto de los talleres REVIR es muy particular, y conlleva variables que no podemos controlar.

Para realizar la presente investigación nos hemos centrado en los talleres REVIR, los cuales **tienen un idiosincrasia que no se asemeja al de un aula de ciencias habitual**. Tal como hemos mencionado en el capítulo 4, estos talleres están diseñados por investigadores en didáctica de las ciencias, y son impartidos por especialistas en el área; y además, están especialmente orientados a involucrar al alumnado en prácticas científicas, con la finalidad de hacer progresar sus ideas. Así también, los talleres REVIR han sido ampliamente investigados, lo que ha permitido refinar sus diseños, y garantizar que las ideas del alumnado progresen en estos talleres a través de su participación en prácticas de modelización (López et al., 2018; Soto, Couso, & López, 2018; Vergara et al., 2020). De esta manera, al analizar las buenas prácticas docentes el contexto de los talleres REVIR, hemos podido obtener conclusiones con respecto a la relación entre la participación del alumnado en prácticas de modelización, el progreso de sus ideas, y el discurso docente. Sin embargo, al ser un contexto poco habitual, surgen limitaciones que no permiten generalizar estos resultados al resto de aulas de ciencias. De todas maneras, consideramos que, a pesar de que el rol del profesorado

en otros contextos educativos no pueda ser tal como ocurre en los talleres REVIR, ya sea por limitaciones de contexto, o por la misma formación del profesorado que puede no ser particular de un aula experimental de ciencias centrada en la modelización, consideramos que los resultados de esta investigación pueden orientar el rol del profesorado en un aula de ciencias.

Además, hay que tener en cuenta que **los talleres REVIR hay variables cuyos valores no podemos controlar**. Tal como hemos mencionado en el capítulo 4, a los talleres REVIR asisten diversidad de estudiantes de diferentes centros educativos, cuyas ideas previas relacionadas a las temáticas de los talleres REVIR estudiados tienen una estrecha relación con el colegio del que proceden, o con el profesorado de ciencias que les ha enseñado. De esta forma, los resultados que hemos obtenido de esta investigación pueden ser sensibles ante los valores de variables tales como las ideas previas del alumnado, el centro educativo del que proceden, el profesorado de ciencias de dichos centros, entre muchas otras. De hecho, esto puede explicar los distintos ritmos de progresos de ideas del alumnado durante cada uno de los talleres REVIR; o también puede explicar por qué en algunas secciones de los talleres REVIR la cantidad de revisiones de ideas del modelo es mayor que las respectivas secciones de otros talleres. Así también, debido a que hubieron grabaciones en las que no seguimos el progreso de las ideas del alumnado, no siempre podemos saber si los progresos de ideas del alumnado se han debido a la interacción con el profesorado. Así, las únicas variables de contexto educativo que hemos podido controlar en esta investigación son: la temática de los talleres REVIR, los equipos docentes que guían el desarrollo de estos talleres, y las fases de la instrucción que estructura cada taller.

10.1.2. No se puede capturar todo lo que sucede en el aula.

Debido a que nos hemos querido focalizar en el discurso docente que se desarrolla durante las interacciones entre profesorado y alumnado, tal como hemos mencionado en el capítulo 4, las grabaciones de audio y vídeo durante los talleres REVIR han tenido como foco principal el discurso docente al interactuar con los pequeños grupos de estudiantes y con todo el alumnado de cada taller REVIR, **no con todos los pequeños grupos**. Además, cabe recordar que la manera de realizar los registros audiovisuales durante los talleres REVIR del año 2019 difieren a los del año 2020, donde éstos últimos fueron obtenidos desde pequeños grupos particulares de estudiantes cuando el profesorado interactuaba con dicho grupo de estudiantes. Así también, al momento de transcribir los diálogos entre alumnado y docente, no hemos registrado los silencios en el diálogo entre alumnado y docente, y sólo hemos registrado algunas de las acciones que acompañaban este diálogo (aquellas que permiten entender la transcripción del diálogo en los talleres REVIR). Así, esta investigación ofrece una visión parcial de los diálogos que ocurren entre alumnado, o entre alumnado y profesorado que transcurren durante los talleres REVIR. Sin embargo, esto ha sido debido a que, además de considerar la relevancia del diseño didáctico de los talleres REVIR y del diálogo entre estudiantes en el progreso de las ideas del alumnado, hemos querido enfatizar en la idea que motiva el desarrollo de esta investigación: pensamos que el profesorado tiene un rol fundamental como activador de las ideas del alumnado y como mediador del progreso de éstas.

10.1.3. Analizar el discurso docente implica usar distintos niveles de granularidad como unidades de análisis.

Tal como hemos mencionado en el capítulo 4, para analizar el discurso docente nos hemos inspirado en el nivel de granularidad micro (Hennessy et al. 2020). A través de este nivel de granularidad, en el Estudio 2 hemos podido analizar enunciado a enunciado el discurso docente. Es cierto que a través de este análisis micro podemos perder la perspectiva global de la función del discurso docente en los talleres REVIR. Sin embargo, el Estudio 2 no se presenta de forma aislada, sino que viene precedido por el Estudio 1, donde hemos identificado categorías que, de manera anidada, contienen a los enunciados: tales como las prácticas de modelización, los encadenamientos de prácticas de modelización, y los progresos de ideas del alumnado. Así, a través de esas categorías que contienen a los enunciados del discurso docente, hemos podido identificar regularidades que han permitido analizar la función de los enunciados del discurso docente en la participación del alumnado en las prácticas de modelización y en el progreso de sus ideas. Por lo tanto, **lo que podría ser una limitación del Estudio 2, si este se presentara de manera independiente, se ha suplido escogiendo unidades de análisis más grandes (secuencias discursivas) en el Estudio 1 que contienen a las unidades de análisis más pequeñas (enunciados)**. Es decir, escoger la granularidad adecuada para estudiar el discurso de aula permite realizar análisis exhaustivos que, a través de análisis de detallados, permiten otorgar perspectiva global.

10.1.4. Analizar el discurso docente implica definir una o varias formas de mirar influenciadas por la perspectiva teórica.

Los marcos teóricos concretos desde los que nos posicionamos nos han sugerido las maneras de entender las ideas del alumnado, su progreso, y la modelización en el aula. Así, **los marcos desde los que nos hemos posicionado a lo largo de esta tesis, tales como la actividad científica escolar (Izquierdo, Sanmartí, et al., 1999), la enseñanza dialógica (Alexander, 2017; Scott et al., 2006), y la evaluación formativa (Bell & Cowie, 2001; Black & Wiliam, 2009; Jorba & Sanmartí, 1996; Sanmartí, 2010), han influenciado la definición de categorías que nos han permitido categorizar las unidades de análisis que permiten el desarrollo de esta investigación.** Así, desde otros marcos teóricos, podría ser posible identificar otras categorías que permitan estudiar dimensiones que no han sido consideradas en esta tesis.

Por otro lado, **el discurso docente puede ser analizado tanto según forma y según su función.** Así, través de esta investigación hemos pretendido hacer una contribución en la misma línea de una de las tensiones identificadas en torno a la enseñanza dialógica: la relación entre la forma y la función del discurso (Kim & Wilkinson, 2019). En investigaciones anteriores, tales como las de Garrido-Espeja, (2016), Hernández (2011) y Soto (2019), ya se han encontrado relaciones entre el progreso de ideas del alumnado y su participación en prácticas de modelización. De esta manera, durante esta tesis hemos relevado la figura del profesorado como activador del desarrollo de las ideas del alumnado, y hemos pretendido investigar cómo son las relaciones entre los enunciados que conforman

el discurso docente, y la participación del alumnado en prácticas de modelización y en el progreso de sus ideas.

Tal como hemos expuesto en el capítulo 8, a través del estudio del discurso docente, hemos identificado actos comunicativos que categorizan los enunciados que lo conforman. **Estos actos comunicativos han podido ser entendidos como una combinación la acción del profesorado y la agencia** que promueve en el alumnado (o profesorado) que nos ha permitido obtener categorías similares propuestas en la literatura. Así también, hemos identificado encadenamientos de prácticas de modelización que median el uso y expresión, el cuestionamiento, la revisión, y así, por lo tanto, el progreso de las ideas del alumnado. De esta manera, a través de cada una de estas categorizaciones, hemos podido proponer y desarrollar las estrategias discursivas (capítulo 9), **las que nos han permitido identificar distintas funciones que poseen los actos comunicativos en cada una de estas estrategias discursivas**; las que, a su vez, tienen distintas funciones mediando la participación del alumnado en los encadenamientos de prácticas de modelización. Con estos resultados no queremos decir que hemos encontrado relaciones biunívocas entre los actos comunicativos y las estrategias discursivas, los encadenamientos de prácticas de modelización, o el progreso de ideas del alumnado. Tal como hemos dicho previamente, hay limitaciones que condicionan la relación entre acto comunicativo y función. Sin embargo, resulta relevante considerar que a través de esta investigación hemos aportado al desarrollo de conocimiento que profundice en nuestra comprensión de la relación entre la forma y función del discurso.

10.1.5. Cada herramienta digital de análisis cualitativo y cuantitativo de los datos tiene ventajas e inconvenientes.

Finalmente, una última consideración metodológica tiene que ver con las herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo utilizadas. A pesar de las comodidades y ventajas que obteníamos a través del programa ATLAS.ti, tales como la definición rápida de códigos, y la obtención de tablas de contingencia en las que figuraban las frecuencias de coocurrencias entre los valores de las variables estudiadas, también hemos presentado algunas dificultades. A través de ATLAS.ti no hemos podido visualizar las categorizaciones de los enunciados que conforman el discurso docente incorporando la dimensión temporal. Esto ha sido un hecho relevante en la decisión de continuar, o no, con la herramienta ATLAS.ti, ya que en esta investigación hemos relevado la importancia de visualizar la distribución de las tipologías y actos comunicativos por las distintas secciones que conforman los talleres REVIR. Además, debido a que los documentos de texto en ATLAS.ti no podían ser editados, nos ha sido difícil identificar en las transcripciones aquellos instantes en que la docente cambia de interactuar de un grupo a otro. En este mismo sentido, no hemos podido modificar el texto de los documentos, por lo que no nos era posible modificar la transcripción del discurso de aula, o comentar y resumir lo que ocurría durante una interacción entre las docentes y el alumnado. La tablas Excel que hemos generado a través de la pestaña de análisis de datos de ATLAS.ti para comparar variables, tales como los actos comunicativos que han caracterizado los enunciados que conforman el discurso docente, el contenido de los talleres REVIR, las docentes que han guiado su desarrollo, y las fases o momentos de la instrucción en los que se han desarrollado, implicaba darle el formato deseado cada vez que eran

generadas. Por último, para que mi directora y director de tesis pudieran comentar, sugerir, editar, o analizar los datos en ATLAS.ti, hubieran requerido comprar una licencia.

De esta forma, una vez que ya habíamos definido bien la mayoría de las categorías, hemos decidido utilizar las hojas de cálculo Excel para categorizar las unidades de análisis a través de las respectivas dimensiones de análisis, para posteriormente obtener los recuentos de categorías a través de la incorporación de fórmulas en las casillas de las respectivas tablas de frecuencias, representaciones temporales de los talleres REVIR, etc. De hecho, la hoja de cálculo de Excel, a través de sus celdas nos ha permitido identificar y categorizar unidades de análisis que no han resultado ambiguas para la investigadora e investigadores involucrados en esta tesis, tal como se muestra en las figuras 7.1.c y 7.1.d.

Así, la combinación de una herramienta de análisis cualitativo como ATLAS.ti, que nos ha permitido proponer y definir categorías; junto con una hoja de cálculo como Excel, que nos ha permitido categorizar rápidamente las unidades de análisis, nos ha permitido sistematizar el análisis del discurso docente, las prácticas de modelización en la que participa el alumnado, y el progreso de sus ideas.

10.2. Conclusiones sobre las prácticas de modelización en las que participa el alumnado de bachillerato (Estudio 1).

La principal conclusión con respecto a las prácticas de modelización en las que se involucra el alumnado es que:

En un contexto adecuado de enseñanza-aprendizaje centrado en la modelización, el alumnado se involucra en diversidad de prácticas de modelización que, si bien no aparecen en una secuencia de acuerdo con el ideal teórico, sí presentan regularidades.

Esta conclusión general puede, a su vez, dividirse en conclusiones más concretas, que se desarrollan a continuación:

10.2.1. En el contexto de los talleres REVIR el alumnado participa en la diversidad de práctica de la modelización: uso y expresión, evaluación, y revisión de modelos.

En todos los talleres REVIR, independientemente de la temática y el equipo docente, **siempre que la discusión gira en torno a ideas científicas, identificamos que el alumnado participa en alguna de las tres prácticas de modelización** reconocidas en la literatura (Garrido-Espeja, 2016): usar/expresar, evaluar y revisar. Estas prácticas se suceden en el tiempo **de forma rápida**, de modo que la secuencia discursiva donde se enmarca cada práctica raramente supera los veinte enunciados. Además, estas prácticas de modelización se distribuyen de forma no homogénea de acuerdo a lo ya expuesto por Garrido-Espeja (2016),

no siempre de acuerdo con las fases de la instrucción en la que se esté desarrollando una discusión, pero sí con una cierta tendencia a que durante la **fase de familiarización prevalezca la práctica usar/expresar ideas**, que en la **fase de consenso prevalezca la práctica de revisar**, mientras que en la **fase de discusión las tres prácticas de modelización son igualmente importantes**. Esto concuerda con lo que mencionan Louca y Zacharia (2015): el alumnado tenderá a participar en la práctica de evaluación de ideas durante la fase de instrucción en la que interactúe con el profesorado, ya que es el profesorado quien motiva a que el alumnado cuestione sus ideas. Además, la participación del alumnado en cada una de estas prácticas de modelización **puede depender de variables que no hemos considerado en esta investigación**, tales como las ideas previas del alumnado al momento de presentarse a los talleres REVIR.

10.2.2. Las prácticas de modelización en las que se involucra el alumnado no siguen, en su totalidad, la secuencia del ciclo de modelización teórico.

A pesar de que a menudo se habla de una **secuencialidad canónica de prácticas de modelización**, destacada por fomentar la participación del alumnado en auténticas prácticas de modelización (Baek et al., 2011; Garrido-Espeja, 2016; Gilbert & Justi, 2016; Rea-Ramirez et al., 2008; Windschitl et al., 2008), esto **no siempre ocurre así** (Garrido-Espeja, 2016). Es decir, **este encadenamiento de prácticas de modelización canónico**, cuya utilidad es indiscutible para plantear secuencias de enseñanza, **se queda limitado para describir como es la participación real en prácticas de modelización durante discusiones**

de aula. Uno de los motivos que rompen la secuencialidad canónica de las prácticas de modelización es dado por la alternancia de la interacción de la docente con pequeño y gran grupo, que la docente cambie de grupos para interactuar con otros grupos de estudiantes, que la docente quiera dejar al alumnado explorar, cuestionar y revisar sus propias ideas, la propia realidad de aula que desfavorece la continuidad de las discusiones, etc.

10.2.3. Las prácticas de modelización en las que participa el alumnado se pueden agrupar en cuatro tipos de encadenamientos de modelización.

Estas prácticas de modelización, a pesar no de seguir siempre una estructura canónica de expresión-evaluación-revisión, sí que se aprecian algunas regularidades de acuerdo con lo señalado por Göhner y Krell (2022). Estas regularidades las hemos definido como encadenamientos, y en el contexto de los talleres REVIR, hemos identificado **cuatro tipologías de encadenamientos de prácticas de modelización**, donde tres de éstas son distintas a la canónica: cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado sólo Exprese sus ideas (Ex), cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado Evalúe sus ideas (ExE), cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado Evalúe y Revise sus ideas (ExER), y cadenas de secuencias discursivas donde se promueve que el alumnado Revise y Consensue sus ideas ((Ex)R). Tal como hemos destacado en relación con las prácticas de modelización, los encadenamientos de prácticas de modelización se relacionan con fases de la instrucción particulares (fig. 6.1.a).

Así, cada encadenamiento de prácticas de modelización tiende a corresponderse con el objetivo didáctico de la respectiva fase de la instrucción.

10.3. Conclusiones sobre el progreso de las ideas del alumnado de bachillerato respecto al modelo de fuerzas y movimiento (Estudio 1).

La principal conclusión con respecto al progreso de las ideas del alumnado es:

En el contexto REVIR las ideas del alumnado progresan y convergen, en distintos momentos del taller, y en paralelo unas con otras, desde ideas alternativas hacia versiones didácticamente más aceptadas.

Esta conclusión general puede, a su vez, dividirse en conclusiones más concretas, que se desarrollan a continuación:

10.3.1. En el contexto REVIR las ideas del alumnado progresan desde ideas alternativas hacia versiones más sofisticadas.

Hemos identificado una **amplia variedad de ideas iniciales del alumnado que surgen durante el desarrollo de los talleres REVIR**, y que coinciden con aquellas de la abundante literatura sobre concepciones alternativas del alumnado relacionados a los contenidos de fuerzas (Bayraktar, 2007; Demirci, 2005; Driver, 1986; Liu & Fang, 2016; Tarábek, 2010; Viennot, 1978) y de movimiento (Dimitriadi & Halkia, 2012; Eriksson et al., 2018; Eshach, 2014; Liu & Fang, 2016; Núñez et al., 2022; Trowbridge & McDermott, 1980; Zucker et al., 2014). Esto refuerza la idea de que las ideas intuitivas del alumnado suelen ser generalizables y se encuentran muy arraigadas a las ideas del alumnado debido a que éstas suelen estar

vinculadas a la cotidianeidad de los fenómenos y las limitaciones de los sentidos que los perciben (Driver, 1986; Liu & Fang, 2016), incluso después de haber cursado la ESO, o estar cursando primero de bachillerato. Sin embargo, **los talleres REVIR y los equipos docentes que los guían han demostrado poder mediar el progreso de ideas del alumnado** desde las ideas alternativas hacia aquellas didácticamente sofisticadas (Soto Alvarado et al., 2018; Vergara et al., 2020). Dichas ideas finales, en lugar de basarse sólo en experiencias cotidianas entendidas a través de los sentidos, se basan en el modelo de fuerzas y movimiento aplicado a cada uno de los fenómenos estudiados (sub apartado 4.2.4.6 y sub apartado 4.2.5.6). Estos progresos de ideas han podido ser **organizados en tres familias que aluden a las temáticas de fuerzas y movimiento** que son coincidentes con algunas de las agrupaciones de ideas alternativas propuestas por Liu y Fang (2016). Estas familias son: respecto a la interpretación del movimiento y las gráficas de movimiento (Mov), respecto al razonamiento con magnitudes cinemáticas (Mag), y respecto a la conceptualización de fuerza e interacción (F).

10.3.2. Los progresos de ideas se distribuyen a lo largo de los talleres REVIR.

Los progresos de ideas del alumnado **ocurren de manera transversal a lo largo de los talleres REVIR**, desde las fases de familiarización hasta las fases de consenso, **pero concentrándose, sobre todo, durante la fase de discusión**. De hecho, es posible que el **progreso de una idea particular no se corresponde con un momento particular** dentro del desarrollo de los mismos talleres REVIR. Desde el marco de la evaluación formativa (Black & Wiliam, 2009; Sanmartí, 2010), el profesorado debe adaptar su enseñanza, tanto

para evaluar adecuadamente las ideas que ha expresado el alumnado, como también para mediar su progreso durante el desarrollo de dichas ideas. Así, dependiendo de los **ritmos diferentes en cuanto a los progresos de las ideas del alumnado**, el profesorado puede orientar las discusiones para la sofisticación de sus ideas en momentos intermedios o finales de una discusión, fase de la instrucción, o taller.

10.3.3. El progreso de pequeñas ideas en una discusión puede generar el progreso de una idea más compleja.

Tal como podemos ver en la figura 6.2.a, y en particular, en el episodio 7 del taller SP20, el progreso de la idea Mag-V es concretado a través de los progresos de ideas F-2. Es decir, **el progreso de idea F-2 ha logrado preparar las ideas del alumnado para comprender la idea sofisticada asociada a la tipología Mag-V**. Por lo tanto, pareciera que hay ocasiones en que las ideas del alumnado progresan en paralelo. Tal como en la investigación de Vergara, López, y Couso (2020), en la que se estudiaba el progreso de ideas del alumnado al intentar explicar la influencia de los mecanismos de regulación térmica de algunos animales en la transferencia de energía a través del calor, los progresos de ideas del alumnado involucraban progresos de ideas en la conceptualización del calor, y a su vez, cómo éste era afectado por el respectivo mecanismo de regulación térmica. Es decir, el progreso de una idea puede estar ocurriendo mientras se revisan otras ideas que colaboran en la evaluación y revisión de dicha primera idea.

10.4. Conclusiones sobre el discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización (Estudio 2).

La principal conclusión que se deriva de los resultados del Estudio 2 es:

El discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización incluye un repertorio variado de actos comunicativos, agrupados en familias según la acción y diferenciados por su agencia. Según su prevalencia, destacan en la familia de actos comunicativos de solicitar, seguida por la de reconocer, la de aportar, y finalmente, la de recuperar. A pesar de que todos los talleres muestran una distribución similar de actos comunicativos, existen ligeras diferencias según la fase de la instrucción, la temática y el equipo docente.

Esta conclusión general puede, a su vez, dividirse en conclusiones más concretas, que se desarrollan a continuación:

10.4.1. El discurso docente en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización incluye un repertorio variado de actos comunicativos, agrupados en familias según la acción y diferenciados por su agencia.

En la literatura **existen diferentes sistemas de clasificación del discurso docente**, como la clasificación de los mecanismos de influencia didáctica (Garrido-Espeja, 2016), las

categorías de análisis del objetivo o demanda de la pregunta (Roca et al., 2013), la clasificación de estrategias del ciclo ESRU (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), la clasificación de estrategias de enseñanza microcognitivas y macrocognitivas para guiar discusiones (Williams & Clement, 2015), el esquema de análisis de diálogo educativo (Hennessy et al., 2016), la progresión de preguntas en un aula con un enfoque basado en la indagación (Kawalkar & Vijapurkar, 2013) y los enfoques comunicativos (Scott et al., 2006). Si bien, ninguno de estos sistemas de clasificación se adecúa totalmente a las necesidades nuestro contexto y necesidades de investigación, han sido una importante fuente de investigación para elaborar un sistema propio de categorías, ya que cada contexto requiere de una readaptación (Hennessy et al., 2020). En este sistema de categorías, los actos comunicativos que conforman el discurso docente se encuentran agrupadas en cuatro familias según la acción que hay detrás de cada acto comunicativo, y a su vez en seis, cuatro, uno, y siete tipologías, respectivamente, según su agencia. **La acción de solicitar**, que fomenta que el alumnado exprese sus ideas de la forma más completa posible; **la acción de reconocer**, que sugiere que las aportaciones que ha hecho el alumnado han sido relevantes para mediar el progreso y la sofisticación de sus ideas; **la acción de aportar**, que otorga información que pudo no haber sido expresada por el alumnado; y **la acción recuperar**, que fomenta la conexión entre el pasado y presente de las discusiones, aludiendo a contribuciones o aprendizajes que se puedan haber desarrollado durante una previa interacción entre alumnado y docente. Tres de estas cuatro familias (solicitar, recuperar y aportar) son conformados por sus respectivas tipologías, mientras que la familia Reconocer puede ser considerada una tipología en sí misma, ya que autoras como Hennessy et al. (2016) y Ruiz-Primo y Furtak (2007) han propuesto categorías en las que el profesorado destaca, repite, parafrasea, o

reconoce las ideas expresadas por el alumnado. Las familias solicitar y aportar comparten la mayoría de las tipologías de actos comunicativos (descripción, explicación, predicción, ...), ya que se trata de una acción distinta, pero con la misma agencia, de acuerdo con la idea “*Request or provide...*” de Williams y Clement (2015). Mientras que la familia recuperar ha surgido debido a la abundante literatura que destaca la importancia de revisitar las ideas del alumnado. A través de este sistema de categorías ofrecemos un **conjunto de herramientas** al que el profesorado pueda acceder fácilmente, con la finalidad planificar y orientar su discurso en el aula de ciencias (Michaels & O’Connor, 2015).

10.4.2. Según su prevalencia, destacan en la familia de actos comunicativos de solicitar, seguida por la de reconocer, la de aportar, y finalmente, la de recuperar.

En el conjunto de los talleres REVIR, los actos comunicativos con mayor prevalencia son los que corresponden a la familia solicitar, que corresponde aproximadamente a un 50% del total de los actos comunicativos registrados. Esta prevalencia no sólo ocurre de manera general en todos los talleres, sino que también de manera particular en cada uno de éstos (tabla 8.2.a), y también en las fases de la instrucción que lo conforman (tabla 8.2.a). **Esto concuerda con una cultura de aula inspirada en la enseñanza dialógica de los talleres REVIR**, según la definición de Alexander (2017) y discutida en el sub apartado 4.2.3. En segundo lugar, destaca los actos comunicativos de reconocer correspondiente a una cuarta parte del total de actos comunicativos, **el cual muestra que en el REVIR existe un persistente y transversal reconocimiento de las ideas expresadas por el alumnado**. Tal como es destacado por Ruiz-

Primo y Furtak (2007), en las estrategias del ciclo ESRU, el reconocimiento de las ideas del alumnado sugiere al alumnado que las aportaciones que ha hecho han sido relevantes para mediar el progreso y la sofisticación de ideas. Es decir, el reconocimiento de las ideas del alumnado favorece la continuidad en el desarrollo del diálogo con el alumnado. Por último, el conjunto de actos comunicativos aportar y recuperar suman el 25% restante sobre el total, siendo los actos de aportar ligeramente más frecuentes que los de recuperar. De nuevo, debido a los enfoques comunicativos interactivo-dialógico e interactivo-autoritativo (Scott et al., 2006), la participación del alumnado resulta ser protagónica, y el discurso docente categorizado con las tipologías de actos comunicativos pertenecientes a la familia aportar tiende sólo tiende a surgir en momentos claves de las interacciones con el alumnado.

10.4.3. A pesar de que todos los talleres muestran una distribución similar de actos comunicativos, existen ligeras diferencias según la fase de la instrucción, la temática y el equipo docente.

Más allá de la distribución de actos comunicativos mencionada (50% de solicitar, 25% de reconocer, y 25% de la suma de aportar y recuperar), existen ligeras diferencias entre esta distribución según las diferentes variables didácticas usadas en la investigación, aunque todas las diferencias significativas identificadas son débiles o moderadas.

En primer lugar, con respecto a las diferencias de actos comunicativos **según las temáticas de los talleres REVIR**, en los talleres SP hay una mayor frecuencia relativa de actos comunicativos solicitar una descripción interpretativa que la tipología de solicitar una concreción, mientras que en los talleres EV ocurre al revés. Esto se explica porque **en el**

taller SP el fenómeno de estudio es más complejo, con una relación más compleja entre velocidad y aceleración, ya que no se trata de un simple MRUA, y el discurso docente se focaliza en la interpretación del propio movimiento. En cambio, en el EV, el fenómeno en sí es más simple, tratándose de un simple MRUA, pero aparece más a menudo la idea aristotélica de “fuerza hacia adelante” (Liu & Fang, 2016; Viennot, 1978), lo que lleva al equipo docente a solicitar más concreción para poner a prueba esta idea. Otra diferencia concierne una mayor presencia de la tipología recuperar para orientar durante los talleres SP que no durante los talleres EV, que de nuevo podemos relacionar con la propia complejidad del movimiento que estudian: el hecho de que el salto de puéting tenga muchos más fenómenos discretos lleva a las docentes a revisar las ideas ya desarrolladas por el alumnado para describir e interpretar el fenómeno. Además, para ambos talleres RE VIR, las frecuencias de las tipologías del acto comunicativo **aportar** no se distancian considerablemente entre ellas, por lo que la diferencia de complejidades de fenómenos estudiados no parece influir en la prevalencia de esta familia de actos comunicativos.

En segundo lugar, existen algunas diferencias en la distribución de actos comunicativos **entre el equipo docente que realizaba los talleres RE VIR en 2019, y el que los realizaba en 2020**. Como se ha expuesto en el apartado 8.3.2 existe una ligera diferencia entre la experiencia didáctica de las docentes que lideraban la discusión de ambos talleres, donde Marisa (del equipo 2020) tenía una mayor formación y práctica didáctica que Martina (del equipo 2019), y además Carles, también con un mayor conocimiento didáctico, juega un papel más relevante en 2020 que en 2019. A pesar de las muchas similitudes en la distribución de actos comunicativos en ambos años, se observan pequeñas diferencias. El equipo docente de 2019 usó más a menudo los actos comunicativos de solicitar una descripción

fenomenológica, pero en cambio, uso menos que sus homólogos de 2020 otros actos comunicativos de una mayor demanda didáctica, como son el acto de solicitar una explicación, el de recuperar para orientar y el recuperar para contrastar, los tres especialmente relacionados con una intención modelizadora (Ruiz-Primo et al., 2007). Además, cabe mencionar que la frecuencia relativa del discurso docente categorizado con el acto comunicativo reconocer se asemeja a la frecuencia esperada en los talleres REVIR. Es decir, tal como ya hemos mencionado previamente, **reconocer las aportaciones que realiza el alumnado es idiosincrático del discurso docente que media el desarrollo de los talleres REVIR.**

Finalmente, con respecto a las diferencias de actos comunicativos **en las distintas fases de instrucción, en la fase de familiarización se encuentra una menor proporción de actos comunicativos de la familia recuperar y una mayor de actos comunicativos de la familia aportar.** Esto lo hemos asociado a que el alumnado no ha desarrollado suficientes ideas, y, por lo tanto, el profesorado no tiene posibilidad de recuperar ideas del alumnado para enfatizarlas, orientarlas y/o contrastarlas. Por otro lado, una mayor presencia del acto comunicativo aportar la hemos asociado a que, durante la fase de familiarización, el profesorado aporta descripciones y/o concreciones que orientan las discusiones autónomas del alumnado en los pequeños grupos de trabajo. **En la fase de discusión, existe una mayor cantidad de actos comunicativos solicitar y una menor cantidad de aportar.** Las tipologías de actos comunicativos pertenecientes a la familia solicitar, a pesar de tener un protagonismo general en los talleres REVIR y en las fases de la instrucción, durante la fase de discusión destaca aún más por sobre la respectiva frecuencia esperada. La fase de discusión se corresponde con aquellos momentos de los talleres REVIR en los que las ideas

intuitivas del alumnado tienden a ser cuestionadas. Así, un discurso docente solicite constantemente la expresión de las ideas del alumnado resulta ser propio de esta fase al mediar el desarrollo de instancias de evaluación formativa de las ideas del alumnado. Esto es complementado por una presencia menor a la esperada de las tipologías de actos comunicativos pertenecientes a la familia aportar. La fase de instrucción discusión privilegia la activa participación del alumnado en el progreso de sus ideas. Finalmente, **en la fase de consenso**, encontramos **una mayor proporción de actos comunicativos de la familia recuperar y apenas menor de solicitar**. Durante esta fase de la instrucción, el profesorado tiende a recuperar las ideas que ya han tenido oportunidad de ser consensuadas y revisadas durante la fase de discusión.

10.5. Conclusiones sobre la relación entre las prácticas de modelización en las que participa el alumnado, el progreso de sus ideas, y el discurso docente (Estudios 1 y 2).

La última conclusión de la tesis hace referencia a la discusión conjunta entre los dos estudios realizada en el capítulo 9 y, por lo tanto, a la relación al discurso docente, las prácticas de modelización y el progreso de las ideas del alumnado. Esta conclusión puede expresarse de la siguiente forma:

En el discurso docente, en el contexto de talleres experimentales centrados en la modelización, identificamos estrategias discursivas idiosincráticas que median de forma distintiva la participación del alumnado en prácticas modelización y en el progreso de sus ideas.

Esta conclusión general puede, a su vez, dividirse en conclusiones más concretas, que se desarrollan a continuación:

10.5.1. El discurso docente varía, tanto en frecuencia como en función, según los encadenamientos de prácticas de modelización

Respecto a la frecuencia de actos comunicativos según los encadenamientos en las prácticas de modelización, la tabla 9.1.a permite observar algunas diferencias relevantes. **Los encadenamientos más centrados en la expresión de las ideas y no en su revisión (Ex y ExE) destacan por una mayor presencia de actos comunicativos de tipo aportar, y en**

cambio, existe una menor presencia de actos comunicativos de tipo recuperar. En cambio, en los encadenamientos más centrados en la revisión que en la expresión de modelos (ExER y (Ex)R) la presencia de actos comunicativos de aportar es mucho menor, y la de recuperar adquiere mucho más protagonismo. Esto, a priori, podría sorprender, ya que se podría pensar que las prácticas de revisión es cuando se consensua las ideas científicas y que, por lo tanto la docente aporta más explicaciones. No obstante, esto no ocurre, en la cultura de aula del REVIR, ya que **en los encadenamientos ExER se usa sobre todo el recuperar para orientar y para contrastar**, promoviendo así el cuestionamiento de las ideas del alumnado, **y en los encadenamientos (Ex)R se usa especialmente el recuperar para enfatizar ideas que previamente se han discutido con los estudiantes**. En cambio, se observa que la familia de actos comunicativos solicitar se mantiene constante en todos los tipos de encadenamiento de prácticas de modelización, con cerca del 50% en todos los encadenamientos, como ya se había apuntado en el sub apartado 10.4.2., pero con ciertas variaciones en la tipología. Por ejemplo, en ExE destaca el acto de solicitar una descripción fenomenológica, y en ExER destaca el solicitar una predicción, que no prácticamente no aparece en los demás encadenamientos.

En paralelo, si en vez de mirar solamente las frecuencias de actos comunicativos miramos su función, se observa que enunciados que han sido identificados con la misma categoría **pueden tener funciones distintas en los diálogos que ocurren en los distintos encadenamientos de prácticas de modelización**, tal como sugieren Hennessy et al. (2020) y Mercer (2010). Por ejemplo, en los encadenamientos centrados en la expresión de ideas (Ex), la tipología recuperar para enfatizar cumple la función de destacar aquellas ideas que el alumnado puede continuar explorando de manera autónoma en los pequeños grupos de

estudiantes, mientras que en los encadenamientos ExER esta misma tipología cumple la función de destacar, reformular y complementar ideas que han sido expresadas por el alumnado, con la finalidad de que éstas sea consensuada. De mismo modo, en ExE, la tipología aportar una concreción busca la continuidad cuestionamiento de las ideas del alumnado direccionando la discusión autónoma del alumnado hacia el desarrollo de ideas sofisticadas, mientras que en ExER este mismo acto comunicativo aportar una concreción la docente incorpora cambios, ajustes, o modificaciones que refinan las ideas que ya han sido enunciadas por el alumnado.

10.5.2. Podemos identificar cuatro estrategias discursivas asociadas a su función en la modelización y en el progreso de las ideas.

Las cuatro estrategias discursivas descritas en el capítulo 9 favorecen distintas funciones con las ideas del alumnado, acordes a los objetivos de cada encadenamiento de prácticas de modelización.

La primera de estas cuatro estrategias es aquella para **Solicitar la expresión concreta de ideas**, en la que el docente promueve que el alumnado explore sus propias ideas, y que las exprese y articule para intentar describir, explicar y/o predecir un fenómeno. Además, a través de esta estrategia, el profesorado puede identificar las ideas previas del alumnado, y así planificar la posterior puesta en común. Hemos simbolizado esta estrategia a través de un enunciado que es característico del discurso docente en esta estrategia discursiva: “Dónde, cuándo, cómo”.

En segundo lugar, la estrategia para **Pistar y aclarar para poner a pruebas las ideas** media que el alumnado busque y exponga evidencias que permitan apoyar una idea o una explicación durante una discusión. Además, permite orientar las posteriores discusiones de ideas que el alumnado puede realizar de manera autónoma en los pequeños grupos de trabajo. Para simbolizar esta estrategia se ha definido como: “Pensad si...”, ya que sugiere la idea de que la docente interviene en la discusión para pistar y aclarar.

En tercer lugar, la estrategia para **Recuperar para reconstruir las ideas** media la evaluación y revisión de ideas del alumnado incorporando discurso docente que relaciona, reconstruye, y contrasta las ideas expresadas por el alumnado entre dos momentos distintos de una discusión. Además, al involucrar la práctica de revisión de ideas del alumnado, esta estrategia discursiva incorpora tipologías de actos comunicativos que colaboran el refinamiento de las ideas del alumnado. En base a lo que sugiere Rea-Ramirez, Clement, y Núñez-Oviedo (2008), este tipo de encadenamiento de prácticas de modelización, y, por lo tanto, esta estrategia discursiva en el contexto de los talleres REVIR, es aquella en la que se identifican más nítidamente progresos en las ideas del alumnado, ya que suele conectar dos momentos distintos de una discusión. Tal como sugiere Windschitl et al. (2008a), que el alumnado participe en diálogos orientados por estrategias discursivas eficaces da la oportunidad a que puedan interiorizar aquellos enunciados que han resultado ser claves en el cuestionamiento y progreso de sus ideas. Hemos querido simbolizar la conexión de dichos momentos a través de un enunciado muy paradigmático usado por los docentes en los talleres REVIR: “Pero antes has dicho que...”.

Por último, la estrategia para **Enfatizar para reforzar el consenso de las ideas** media en el consenso de aquellas ideas sofisticadas que permiten, explicar y/o predecir el fenómeno

estudiado, o algún aspecto de éste. Además, de acuerdo con los estudios de Khan (2007) y Núñez-Oveido et al. (2008), a través de tipologías específicas, el profesorado incorpora, reemplaza y/o quita ideas para enriquecer y refinar el modelo final que alcanza el alumnado. Esta estrategia suele ocurrir de dos maneras distintas: cuando ya se puede ir directamente hacia el consenso grupal de ideas, o cuando todavía es necesario orientar la discusión nuevamente hacia el cuestionamiento y revisión de ideas del alumnado (por ejemplo, cuando hay ideas que han sido evaluadas y revisadas, pero que aún no están claras para el alumnado. En la primera de estas maneras, esta estrategia tiende a sólo ratificar el progreso de las ideas del alumnado. En la segunda de estas maneras, al igual que con la estrategia para **Recuperar para reconstruir ideas**, esta estrategia fomenta el consenso de ideas del alumnado a través del cuestionamiento y la reconstrucción de las ideas del alumnado que ya han tenido oportunidad de ser revisadas durante discusiones en pequeños grupos de estudiantes.

10.5.3. El uso adecuado de las estrategias discursivas, que promueven encadenamientos de prácticas de modelización que permitan el progreso de ideas del alumnado, requiere de un conocimiento didáctico del contenido por parte de los docentes.

Un buen discurso docente **no depende sólo de una articulación de tipologías de actos comunicativos con frecuencias similares a la de las estrategias discursivas**. Sino que también, y, sobre todo, **requiere de un profesorado que tenga un conocimiento didáctico del contenido** (Oh & Oh, 2011; Shi et al., 2021; Shulman, 1987; Boyd, 2012), de las ideas

alternativas del alumnado, y cómo éstas tienden a progresar a lo largo de los talleres REVIR. Un ejemplo de esta situación se corresponde con la idea del alumnado que suele surgir en los talleres EV. El alumnado suele pensar que el coche, luego de desprenderse de la goma, puede realizar su movimiento de frenada (de ida) debido a que el coche lleva una fuerza (idea aristotélica de fuerza (Viennot, 1987)). Así, la docente suele recurrir a situaciones hipotéticas, tales como la ausencia de roce entre el carril y el coche, o lanzar el coche en el espacio, para poder cuestionar la idea de que el coche lleva una fuerza. Del mismo modo que sucede cuando la docente se anticipa a las ideas alternativas del alumnado que espera encontrar, cuando enfatiza, cuando recupera, cuando pista, etc, está poniendo en práctica su conocimiento didáctico del contenido. Es decir, **si el profesorado conoce las posibles ideas del alumnado, las maneras de cuestionarlas y mediar su progreso, y las ideas clave a las que quiere llegar, tiene más recursos y oportunidades para gestionar la interacción que se da en el aula a través de su discurso.** Así, es desde este punto de partida desde el cual las estrategias discursivas pueden ser útiles para mediar la expresión, cuestionamiento, y posterior progreso y consenso de las ideas del alumnado.

10.5.4. La cultura de aula de los talleres REVIR sigue un enfoque inspirado en la enseñanza dialógica en el que se evidencia la participación del alumnado en prácticas de modelización, como también el progreso de ideas.

Si bien en esta investigación partíamos de la idea que los talleres REVIR son concordantes con los cinco principios de la enseñanza dialógica definidos por Alexander (2017), tal como

se expone en el sub apartado 4.2.3, los resultados obtenidos a través de los estudios 1 y 2 respaldan esta idea.

Con respecto al **principio colectivo**, el profesorado que guía el desarrollo de los talleres REVIR siempre está interactuando con algún grupo de estudiantes, ya sea en pequeño grupo, o durante puestas en común. Dichas interacciones no son en vano, y, tal como podemos ver en la figura 6.1.a, a lo menos involucran discurso docente que media el uso y expresión, y evaluación de las ideas del alumnado, en los que los enunciados de alumnado y docente son responsables del desarrollo de dichas práctica de modelización.

Con respecto al **principio recíproco**, las discusiones que ocurren en los talleres REVIR son ricas debido a que el profesorado, sobre todo en las fases de familiarización y discusión, media y favorece que el alumnado comparta sus puntos de vista. Al igual que con el principio colectivo, tal como podemos ver en la figura 6.1.a, tanto los enunciados de alumnado y docente son responsables del desarrollo de dichas discusiones. Además, tal como podemos ver en la figura 8.2.a, la densidad del discurso docente se reduce durante estas fases (en comparación con la de consenso), otorgando el espacio suficiente para que el alumnado exprese y desarrolle sus ideas, tanto los pequeños grupos de trabajo, como también durante las puestas en común. Así también, esta reciprocidad también se concreta, en parte, a través de lo que ha sido propuesto como conflicto simétrico (Perl-Nussbaum y Yerushalmi, 2020), en el que el profesorado es capaz de entender el fenómeno estudiado desde las ideas intuitivas del alumnado, permitiéndole orquestar un diálogo contingente a dichas ideas, y así mediar su evaluación y posterior revisión.

Con respecto al **principio de apoyo**, tal como podemos ver en la figura 6.3.a, la mayoría de los progresos de ideas del alumnado ocurren debido a que el profesorado media su

participación en encadenamientos de prácticas de modelización ExER. Así, la abundancia de este tipo de encadenamiento permite reconocer que el profesorado no impide ni apresura que el alumnado exprese sus ideas intuitivas. Por el contrario, promueve el desarrollo de dichas instancias, las cuales permiten otorgar el carácter modelizador y dialógico de los talleres REVIR.

Con respecto al **principio acumulativo**, a diferencia de las categorías propuestas por Williams y Clement (2015) para categorizar el discurso docente, las que han sido definidas desde las acciones solicitar y aportar, hemos querido enfatizar en la importancia de aquel acto comunicativo que media la conexión entre las ideas desarrolladas y consensuadas, y aquellas que se están desarrollando. Así, las tipologías de la familia de acto comunicativo recuperar, no sólo han sido destacadas particularmente en la literatura (Garrido-Espeja, 2016; Hennessy et al., 2016; Ruiz-Primo & Furtak, 2007), sino que además, nos hemos percatado que su debida articulación con otras tipologías de actos comunicativos permite desarrollar estrategias discursivas que median la participación del alumnado en encadenamientos de prácticas de modelización, y el progreso de ideas del alumnado. De esta manera, aquellas estrategias discursivas donde la tipología recuperar tiene un rol protagónico (tales como *Recuperar para reconstruir ideas* y *Enfatizar para reforzar el consenso de ideas*), permite la continuidad del diálogo y un encadenamiento de las ideas de alumnado y docente, el cual favorece el progreso de dichas ideas. Por otro lado, cabe mencionar que cada fase de consenso se desarrolla de manera similar a cómo se han desarrollado las discusiones en pequeños grupos durante la fase de discusión. De esta manera, las ideas que se revisan en gran grupo son construidas de manera coherente y otorgando continuidad a aquellas que han sido consensuadas previamente.

Con respecto al **principio de propósito**, las estrategias discursivas *Solicitar la expresión concreta de ideas* y *Pistar y aclarar para poner a prueba las ideas* son conformadas por tipologías de actos comunicativos pertenecientes a la familia aportar. Dichas tipologías las cuales tienen especial relevancia por tener un rol asociado a la redirección de las discusiones del alumnado en vistas de que éstas medien el progreso hacia aquellas ideas sofisticadas. Es decir, desde el inicio de los talleres REVIR, el discurso docente orienta las discusiones del alumnado hacia el desarrollo de ideas que permitirán consensuar aquellas más sofisticadas.

Además de los cinco principios definidos por Alexander (2017), considerando la perspectiva de Lefstein (2010) respecto a la enseñanza dialógica, la que menciona que la búsqueda de consenso de ideas del alumnado es promovida a través de las diferencias de ideas, consideramos que los talleres REVIR cumplen con dos principios más: los principios crítico y significativo. Con respecto al **principio crítico**, los talleres REVIR justifican su desarrollo desde cuestiones abiertas, las cuales fomentan el debate de las ideas, tanto entre alumnado, como también junto con el profesorado en los pequeños grupos de trabajo, y así también durante las puestas en común. En la misma línea del principio de reciprocidad, dichas preguntas se orientan a través de lo que ha sido propuesto como conflicto simétrico (Perl-Nussbaum y Yerushalmi, 2020), desde la necesidad de que el profesorado tenga un conocimiento didáctico del contenido (Oh & Oh, 2011; Shi, Wang, Liu, & Chiu, 2021), y desde la importancia de enunciados oportunos que evalúen las ideas del alumnado (Black & Wiliam, 2009; Sanmartí, 2010). Es decir, el profesorado que guía el desarrollo de los talleres REVIR es capaz de reconocer las ideas intuitivas del alumnado, y fomentar debates a través de preguntas que se ajusten al estado actual de las ideas del alumnado, en vistas de mediar el progreso hacia aquellas más sofisticadas.

Finalmente, con respecto al **principio significativo**, tal como hemos mencionado en el sub apartado 4.2.2.1, los talleres REVIR, y en particular, los talleres EV y SP, son talleres que se plantean desde desafíos científicos inspirados en situaciones cotidianas. Así, las discusiones que son medidas por el discurso docente no sólo motivan a que el alumnado exprese ideas concretas relacionadas a las ideas del modelo de fuerzas, sino que también recurran a situaciones cotidianas, o fenómenos paradigmáticos, los cuales definen las ideas intuitivas del alumnado. De hecho, tal como podemos ver en la tabla 9.1.a, el discurso docente que es orientado por la estrategia discursiva *Pistar y aclarar para poner a prueba las ideas* es conformado por enunciados del discurso docente categorizados con la tipología solicitar una descripción fenomenológica, a través del cual la docente pretende mediar que el alumnado describa algún aspecto del fenómeno estudiado desde ideas que puedan surgir directamente desde sus recuerdos o experiencias sobre el fenómeno estudiado.

Capítulo 11: Referencias.



- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electronica de Investigacion En Educación En Ciencias*, (Especial), 40–49. Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/nesp/nspa04.pdf>
- Adúriz-Bravo, A., & Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física - consideraciones epistemológicas, c]didácticas y retóricas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 79–91. <https://doi.org/10.5007/%x>
- Aguiar, O. G., Mortimer, E. F., & Scott, P. (2010). Learning from and responding to students' questions: The authoritative and dialogic tension. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 174–193. <https://doi.org/10.1002/tea.20315>
- Alexander, R. (2001). Culture and pedagogy : international comparisons in primary education, 642. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-us/Culture+and+Pedagogy%3A+International+Comparisons+in+Primary+Education-p-9780631220510>
- Alexander, R. (2015). Dialogic Pedagogy at Scale: Oblique Perspectives. *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue*, 429–439. https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1_33
- Alexander, R. (2017). *Dialogos publications Towards Dialogic Teaching: rethinking classroom talk*.
- Alexander, R. (2018). Developing dialogic teaching: genesis, process, trial. *Research Papers in Education*, 33(5), 561–598. <https://doi.org/10.1080/02671522.2018.1481140>
- Aliberas, J., Gutiérrez, R., & Izquierdo, M. (2019). Identifying Changes in a Student's Mental Models and Stimulating Intrinsic Motivation for Learning During a Dialogue Regulated by the Teachback Technique: a Case Study. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9810-z>

- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389–421. <https://doi.org/10.1002/sce.20303>
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. In *Models and Modeling* (pp. 195–218). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7_9
- Bakhtin, M. (1981). The Dialogic Imagination: Four Essays. <https://doi.org/10.2307/2497064>
- Bayraktar, S. (2007). Misconceptions of turkish pre-service teachers about force and motion, (December 2006), 273–291.
- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536–553. <https://doi.org/10.1002/sce.1022>
- Bielik, T., Opitz, S. T., & Novak, A. M. (2018). Supporting students in building and using models: Development on the quality and complexity dimensions. *Education Sciences*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/educsci8030149>
- Birgin, O. (2012). Investigation of eighth-grade students' understanding of the slope of the linear function. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 26(42 A), 139–162. <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000100008>
- Black, P. (1993). Formative and summative assessment by teachers. *Studies in Science Education*, 21(1), 49–97. <https://doi.org/10.1080/03057269308560014>
- Black, Paul, & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Bowen, G. M., & Roth, W. M. (2005). Data and graph interpretation practices among preservice

- science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1063–1088.
<https://doi.org/10.1002/tea.20086>
- Boyd, Maureen P. (2012). Planning and Realigning a. *The Elementary School Journal*, 113(1), 25–51.
- Boyd, Maureen Patricia, & Markarian, W. C. (2011). Dialogic teaching: Talk in service of a dialogic stance. *Language and Education*, 25(6), 515–534.
<https://doi.org/10.1080/09500782.2011.597861>
- Brousseau, G., & Le, G. B. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches En Didactique Des Mathematiques*, 9(9.3), 309–336. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00686012>
- Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895–935. <https://doi.org/10.1080/095006900416848>
- Burbules, N. C. (1993). Dialogue in Teaching: Theory and Practice. *Uniwersytet Ślaski*, 343–354.
<https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Candela, A. (2005). Importancia del Análisis del Discurso en el Aula para la Investigación Educativa. *Acta Latinoamericana de Matematica Educativa*, 18, 807–812.
- Carrascosa Alís, J., Perales, E., Rey Cubero, A., & Rosa Cintas, S. (2017). La enseñanza de las fuerzas. Dificultades y orientaciones en educación secundaria. Retrieved from <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/73528>
- Caughlan, S., Juzwik, M. M., Kelly, S., Borsheim-Black, C., & Fine, J. G. (2013). English teacher candidates developing dialogically organized instructional practices. *Research in the Teaching of English*, 47(3), 212–246. Retrieved from https://www-jstor-org.are.uab.cat/stable/24397855#metadata_info_tab_contents

- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815–843. <https://doi.org/10.1002/tea.20171>
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883–908. <https://doi.org/10.1002/tea.20385>
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041–1053. <https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education. Research Methods in Education* (6th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>
- Colley, C., & Windschitl, M. (2020). A Tool for Visualizing and Inquiring into Whole-Class Sensemaking Discussions. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09962-6>
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). Learning Progressions in Science. An evidence-based Approach to Reform. *Consortium for Policy Research in Education*, 86.
- Couso, D., & Garrido-Espeja, A. (2017). Models and Modelling in Pre-service Teacher Education: Why We Need Both. In *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (Vol. 3, pp. 245–261). https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_19
- Demirci, N. (2005). A study about students' misconceptions in force and motion concepts by incorporating a web-assisted physics program. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(3), 40–48.
- Dimitriadi, K., & Halkia, K. (2012). Secondary Students' Understanding of Basic Ideas of Special Relativity. *International Journal of Science Education*, 34(16), 2565–2582.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2012.705048>

- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 4(1), 3-15-15.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490. <https://doi.org/10.1080/0950069890110501>
- Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in Science — From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. *International Handbook of Science Education*, 3-25. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_1
- Duschl, R. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: Promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(1), 3-20.
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1997). Strategies and challenges to changing the focus of assessment and instruction in science classrooms. *International Journal of Phytoremediation*, 21(1), 37-73. https://doi.org/10.1207/s15326977ea0401_2
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013a). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109-2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013b). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109-2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review

- and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2011.604476>
- Eriksson, M., Linder, C., & Eriksson, U. (2018). Towards understanding learning challenges involving sign convention in introductory level kinematics. *Physics Education Research Conference Proceedings, 2018*. <https://doi.org/10.1119/perc.2018.pr.eriksson>
- Eshach, H. (2014). The use of intuitive rules in interpreting students' difficulties in reading and creating kinematic graphs. *Canadian Journal of Physics*, 92(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1139/cjp-2013-0369>
- Fernández, J. (2014). El dialogismo: secuencialidad, posicionamiento, pluralidad e historicidad en el análisis de la práctica educativa. *Sinéctica Revista Electrónica de Educación*, 43, 1–21.
- Fulmer, G. W., Liang, L. L., & Liu, X. (2014). Applying a force and motion learning progression over an extended time span using the force concept inventory. *International Journal of Science Education*, 36(17), 2918–2936. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.939120>
- García-Carrión, R., Molina, S., Grande, L., & Buslón, N. (2016). Análisis de las Interacciones entre Alumnado y Diversas Personas Adultas en Actuaciones Educativas de Exito: Hacia la Inclusión de Todos y Todas. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 10(1), 115–132.
<https://doi.org/10.4067/s0718-73782016000100007>
- García-Lladó, À. (2019). El repte d'aprendre i ensenyar forces, 37, 19–26.
- García-Lladó, À., & López, V. (2020). Beyond Recurring Free-Body Force Diagrams: Educational Pros and Cons of Alternative Means of Representing Forces and Interactions. *The Physics Teacher*, 58(7), 504–508. <https://doi.org/10.1119/10.0002073>
- Garrido-Espeja, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica*.

- Giere, R. (1988). *Science and its conceptual foundations series. Explaining science: A cognitive approach.*
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Vol. 9). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3>
- Göhner, M., & Krell, M. (2022). Preservice Science Teachers' Strategies in Scientific Reasoning: the Case of Modeling. *Research in Science Education*, 52(2), 395–414. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09945-7>
- Govender, N. (2007). Physics student teachers' mix of understandings of algebraic sign convention in vector-kinematics: A phenomenographic perspective. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 61–73. <https://doi.org/10.1080/10288457.2007.10740612>
- Grandy, R., & Duschl, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science and Education*, 16(2), 141–166. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-2865-z>
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056–1065. <https://doi.org/10.1119/1.14031>
- Harlen, W. (2010). Principles and big ideas of science education. *Association for Science Education*, 60. [https://doi.org/978 0 86357 4 313](https://doi.org/978%2086357%204%20313)
- Hattie, J. A. C. (2005). What is the nature of evidence that makes a difference to learning? *Using Data to Support Learning*, 11–21.

- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Hennessy, S., Howe, C., Mercer, N., & Vrikki, M. (2020). Coding classroom dialogue: Methodological considerations for researchers. *Learning, Culture and Social Interaction*, 25(May). <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100404>
- Hennessy, S., Rojas-Drummond, S., Higham, R., Márquez, A. M., Maine, F., Ríos, R. M., ... Barrera, M. J. (2016). Developing a coding scheme for analysing classroom dialogue across educational contexts. *Learning, Culture and Social Interaction*, 9, 16–44. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2015.12.001>
- Hernández, M. I. (2011). Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre Propietats Acústiques dels Materials Context de la recerca Objectius i preguntes de recerca.
- Hernández, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2015). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2–3), 356–377. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (S. A. D. C. V. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) (Sexta). México D.F.: MCGRAW-HILL.
- Herreras, L., Garrido, A., & López, V. (2016). Moviment, forces i energia en un salt de puenting, seqüència didàctica per a l'estudi del moviment.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory, 30(March), 1–15.
- Howe, C., & Abedin, M. (2013). Classroom dialogue: A systematic review across four decades of research. *Cambridge Journal of Education*, 43(3), 325–356.

<https://doi.org/10.1080/0305764X.2013.786024>

Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de Las Ciencias*, 6(1), 125–138. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/3241/324127626010.pdf>

Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science and Education*, 12(1), 27–43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>

Izquierdo, M., Espinet, M., García, P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 17(1), 45–59.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). Competencias en argumentación y uso de pruebas :10 ideas clave. *Ideas Clave*, 12(2010), 200. Retrieved from <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/64562>

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In *Science Education* (pp. 69–80). SensePublishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5

Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar, un proceso de regulación continua. *Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*, (January 1996).

Kawalkar, A., & Vijapurkar, J. (2013). Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004–2027. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604684>

Kelly, G. J., & Chen, C. (1999). The sound of music: Constructing science as sociocultural practices

- through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 883–915.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199910\)36:8<883::AID-TEA1>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199910)36:8<883::AID-TEA1>3.0.CO;2-I)
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91(6), 877–905.
<https://doi.org/10.1002/SCE.20226>
- Khan, S. (2011). What’s Missing in Model-Based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(6), 535–560. <https://doi.org/10.1007/s10972-011-9248-x>
- Kim, M. Y., & Wilkinson, I. A. G. (2019). What is dialogic teaching? Constructing, deconstructing, and reconstructing a pedagogy of classroom talk. *Learning, Culture and Social Interaction*, 21(July 2018), 70–86. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.02.003>
- Knipp, P. A. (2009). Broadcasting a Lab Measurement Over Existing Conductor Networks. *The Physics Teacher*, 47(7), 471–473. <https://doi.org/10.1119/1.3225514>
- Krell, M., Walzer, C., Hergert, S., & Krüger, D. (2019). Development and Application of a Category System to Describe Pre-Service Science Teachers’ Activities in the Process of Scientific Modelling. *Research in Science Education*, 49(5), 1319–1345. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9657-8>
- Lefstein, A. (2010). More helpful as problem than solution: Some implications of situating dialogue in classrooms. *Educational Dialogues: Understanding and Promoting Productive Interaction*, 170–191. <https://doi.org/10.4324/9780203863510-22/HELPFUL-PROBLEM-SOLUTION-IMPLICATIONS-SITUATING-DIALOGUE-CLASSROOMS-ADAM-LEFSTEIN>
- Lehesvuori, S., & Ametller, J. (2021). Exploring coherence and authorship in pedagogical link-making in science. *International Journal of Science Education*, 43(17), 2791–2813.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1991599>
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: language, learning, and values*. *Choice Reviews Online* (Vol.

- 28). <https://doi.org/10.5860/choice.28-5211>
- Liu, G., & Fang, N. (2016). Student misconceptions about force and acceleration in physics and engineering mechanics education. *International Journal of Engineering Education*, 32(1), 19–29.
- López, V., Couso, D., & Hernández, M. I. (2020). Nuevas miradas sobre el currículo de física. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, (100), 16–22. Retrieved from <https://documat.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7468376&info=resumen&idioma=SPA>
- López, V., Couso, D., Simarro, C., Garrido, A., Grimalt-Álvaro, C., Hernández, M. I., & Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, (Extra), 691.
- López, V., Grimalt-Álvaro, C., & Couso, D. (2018). ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 15(3), 1–15. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3302
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2015). Examining Learning Through Modeling in K-6 Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2–3), 192–215. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9533-5>
- Márquez, C. (2002). La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua, (March). Retrieved from <http://ddd.uab.cat/record/38246>
- Mercer, N. (2000). *Words and minds : how we use language to think together*. Routledge. Retrieved from <https://www.routledge.com/Words-and-Minds-How-We-Use-Language-to-Think-Together/Mercer/p/book/9780415224765>

- Mercer, N. (2004). Sociocultural discourse analysis: analysing classroom talk as a social mode of thinking. *Journal of Applied Linguistics*, 1(2), 137–168. <https://doi.org/10.1558/japl.2004.1.2.137>
- Mercer, N. (2010). The analysis of classroom talk: Methods and methodologies. *British Journal of Educational Psychology*, 80(1), 1–14. <https://doi.org/10.1348/000709909X479853>
- Mercer, N., & Howe, C. (2012). Explaining the dialogic processes of teaching and learning: The value and potential of sociocultural theory. *Learning, Culture and Social Interaction*, 1(1), 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.03.001>
- Mercer, N., & Littleton, K. (2007). Dialogue and the development of children’s thinking: A sociocultural approach. *Dialogue and the Development of Children’s Thinking: A Sociocultural Approach*, 1–147. <https://doi.org/10.4324/9780203946657/DIALOGUE-DEVELOPMENT-CHILDREN-THINKING-NEIL-MERCER-KAREN-LITTLETON>
- Michaels, S., & O’Connor, C. (2012). *Talk Science Primer*. Retrieved from www.terc.edu
- Michaels, S., & O’Connor, C. (2015). Conceptualizing Talk Moves as Tools: Professional Development Approaches for Academically Productive Discussions. In *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (pp. 347–361). American Educational Research Association. https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1_27
- Michaels, S., O’Connor, C., & Resnick, L. B. (2008). Deliberative discourse idealized and realized: Accountable talk in the classroom and in civic life. *Studies in Philosophy and Education*, 27(4), 283–297. <https://doi.org/10.1007/s11217-007-9071-1>
- Miles, M. B., & Huberman, M. (1994). An expanded sourcebook qualitative data analysis. *International Journal of Social Psychiatry*.
- Mongan, S. W., Mondolang, A. H., & Poluakan, C. (2020). Misconception of weights, normal forces

and Newton third law. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012046>

Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 17(3), 1–24.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. <https://doi.org/10.17226/13165>

NRC. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition*. Retrieved from
<https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=QZb7PnTgSCgC&oi=fnd&pg=PR1&dq=How+People+Learn:+Brain,+Mind,+Experience,+and+School:+Expanded+Edition+How+People+Learn+Brain,+Mind,+Experience,+and+School:+Expanded+Edition&ots=FuNViHgqWC&sig=aIgfWSWB--7CKvppWPY>

Núñez-Oveido, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Developing Complex Mental Models in Biology Through Model Evolution. *Model Based Learning and Instruction in Science*, 173–193. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6494-4_10

Núñez, R. P., Suárez, A. A. G., & Castro, W. R. A. (2022). Interpreting the slope of a straight line in kinematics graphs with school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2163(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2163/1/012011>

Nystrand, M., Gamoran, A., Kachur, R., Prendergast, C., & York, N. (1997). Opening dialogue.

Retrieved from <http://class.wceruw.org/documents/Opening Dialogue Ch 2.pdf>

- OCED. (2018). *PISA for Development Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing (Vol. 1). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264305274-en>
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 265–279. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.07.006>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Paz, V. (2015). Estudio de las características textuales y el contenido científico de resúmenes sobre la función de nutrición en estudiantes de educación secundaria obligatoria, 1–253.
- Pintó, R., Couso, D., & Hernández, M. (2016). Moviment de frenada i distància de seguretat a la carretera. Seqüència didàctica per l'estudi del moviment.
- Racionero, S., & Padrós, M. (2010). The dialogic turn in educational Psychology | El giro dialógico en la psicología de la educación. *Revista de Psicodidactica*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78349270198&partnerID=MN8TOARS>
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An Instructional Model Derived from Model Construction and Criticism Theory. In *Model Based Learning and Instruction in Science* (pp. 23–43). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6494-4_2
- Rebmann, G., & Viennot, L. (1994). Teaching algebraic coding: Stakes, difficulties, and suggestions. *American Journal of Physics*, 62(8), 723–727. <https://doi.org/10.1119/1.17504>

- Resnick, L. B., Asterhan, C., & Clarke, S. (2015). Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue. *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue*, (April). <https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1>
- Resnick, L. B., Asterhan, C. S. C., & Clarke, S. N. (2018). Accountable Talk: Instructional Dialogue That Builds the Mind. Educational Practices Series 29. *UNESCO International Bureau of Education*, (May).
- Roca, M., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2012). A proposal and analysis of students questions. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 31(1), 95. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n1.603>
- Roca, M., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013). A proposal and analysis of students questions. *Enseñanza de Las Ciencias*, 31(1), 95–114. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n1.603>
- Roca Tort, M. (2005). Las preguntas en el proceso de enseñanza- aprendizaje de las ciencias. *Educación*, (Abril-Junio 2005), 73–80. Retrieved from <http://crea.um.edu.mx/wp-content/uploads/2017/03/Preguntas-en-proceso-enseñanza-aprendizaje-de-Ciencias-Roca.pdf>
- Rogoff, B. (1995). Observing sociocultural activity on three planes: participatory appropriation, guided participation, and apprenticeship. In *Sociocultural Studies of Mind* (pp. 139–164). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139174299.008>
- Rojas-Drummond, S., Torreblanca, O., Pedraza, H., Vélez, M., & Guzmán, K. (2013). “Dialogic scaffolding”: Enhancing learning and understanding in collaborative contexts. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2(1), 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.12.003>
- Roychoudhury, A., & Roth, W. M. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), 423–445. <https://doi.org/10.1080/0950069960180403>

- Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2006, November). Informal formative assessment and scientific inquiry: Exploring teachers' practices and student learning. *Educational Assessment*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. https://doi.org/10.1207/s15326977ea1103&4_4
- Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57–84. <https://doi.org/10.1002/tea.20163>
- Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science* 1989 18:2, 18(2), 119–144. <https://doi.org/10.1007/BF00117714>
- Saltiel, E., & Malgrange, J. L. (1980). “Spontaneous” ways of reasoning in elementary kinematics. *European Journal of Physics*, 1(2), 73–80. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/1/2/002>
- Sanmartí, N. (2010). Aprender a evaluarse: motor de todo aprendizaje. *Aula de Innovación Educativa*, 192, 26–29.
- Sardà, A., & Sanmartí, N. (2000). Ensenyar a argumentar científicament: un repte de les classes de ciències. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 18(3), 405–422.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Scott, P. (1998, January). Teacher talk and meaning making in science classrooms: A vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*. <https://doi.org/10.1080/03057269808560127>
- Scott, P., Mortimer, E., & Aguiar, O. (2006, July). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school. *Science*

Education. <https://doi.org/10.1002/sce.20131>

- Shi, F., Wang, L., Liu, X., & Chiu, M. H. (2021). Development and validation of an observation protocol for measuring science teachers' modeling-based teaching performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(9), 1359–1388. <https://doi.org/10.1002/tea.21712>
- Shor, I., & Freire, P. (1987). What is the “Dialogical Method” of Teaching? *Journal of Education*, 169(3), 11–31. <https://doi.org/10.1177/002205748716900303>
- Solbes, J. (2019). ¿Qué y cómo enseñar sobre el movimiento? *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, ISSN 1133-9837, N° 95, 2019, Págs. 7-14, (95), 7–14. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6770351&info=resumen&idioma=SPA>
- Soto Alvarado, M. B., Couso Lagarón, D., & López Simó, V. (2018). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía “paso a paso.” *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 16(1), 1–10. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1202
- Soto, M. B. (2019). Influencia de una propuesta formativa centrada en la modelización en la evolución del modelo científico escolar de energía en futuros docentes de física y matemática. Retrieved from <https://widgets.ebscohost.com/prod/customerspecific/ns000545/customproxy.php?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edstdx&AN=edstdx.10803.667161&%0Alang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Soto, M., Couso, D., López Simó, V., & Hernández, M. I. (2017). Promoviendo la apropiación del modelo de energía en estudiantes de 4º de ESO a través del diseño didáctico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 90. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2003>
- Susac, A., Bubic, A., Kazotti, E., Planinic, M., & Palmovic, M. (2018). Student understanding of

- graph slope and area under a graph: A comparison of physics and nonphysics students. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 20109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020109>
- Tarábek, P. (2010). Cognitive Architecture of Common and Scientific Concepts (pp. 151–154). <https://doi.org/10.1063/1.3479855>
- Testa, I., Monroy, G., & Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: The case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24(3), 235–256. <https://doi.org/10.1080/09500690110078897>
- Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48(12), 1020–1028. <https://doi.org/10.1119/1.12298>
- Van Zee, E. H., Iwasyk, M., Kurose, A., Simpson, D., & Wild, J. (2001). Student and teacher questioning during conversations about science. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 159–190. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200102\)38:2<159::AID-TEA1002>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200102)38:2<159::AID-TEA1002>3.0.CO;2-J)
- Vergara, C., López, V., & Couso, D. (2020). Revisiting the landscape roaming metaphor to understand students' ideas on mammals' and birds' thermal regulation. *Journal of Biological Education*, 00(00), 1–14. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1748894>
- Vergara Sandoval, C. S., López Simó, V., & Couso Lagarón, D. (2020). Revisiting the landscape roaming metaphor to understand students' ideas on mammals' and birds' thermal regulation. *Journal of Biological Education*. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1748894>
- Viennot, L. (1978). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue Française de Pédagogie*, 45(1), 16–24. <https://doi.org/10.3406/rfp.1978.1688>

- Vygotsky, L. S. (1978). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. *El Desarrollo de Los Procesos Psicológicos Superiores*, 224.
- Wegerif, R. (2007). Dialogic Education and Technology. *Dialogic Education and Technology*.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-71142-3>
- Wells, G. (1999). Dialogic inquiry. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511605895>
- Wertsch, J. V. (1987). Vygotsky and the Social Formation of Mind. *American Anthropologist*, 89(2), 479–480. <https://doi.org/10.1525/aa.1987.89.2.02a00500>
- William, D., & Thompson, M. (2019). Integrating Assessment with Learning: What Will It Take to Make It Work? In *The Future of Assessment* (pp. 53–82). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315086545-3>
- Williams, G., & Clement, J. (2015). Identifying Multiple Levels of Discussion-Based Teaching Strategies for Constructing Scientific Models. *International Journal of Science Education*, 37(1), 82–107. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.966257>
- Wilson, M. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 716–730.
<https://doi.org/10.1002/tea.20318>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967. <https://doi.org/10.1002/sci.20259>
- Zucker, A., Kay, R., & Staudt, C. (2014). Helping Students Make Sense of Graphs: An Experimental Trial of SmartGraphs Software. *Journal of Science Education and Technology*, 23(3), 441–457.
<https://doi.org/10.1007/s10956-013-9475-3>

