

**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:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

**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:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

**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>

Dialogando sobre partículas:  
análisis de las prácticas dialógicas  
de maestras en formación con niñas  
y niños de primaria

María Rosa Aguada Berteá

Tesis doctoral dirigida por:

Anna Marbà Tallada y Carolina Pipitone Vela

Bellaterra, julio 2024



María Rosa Aguada Berteá (2024)

mariarosaguada@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7906-9438>

Tesi doctoral. Programa de Doctorat en Educació. Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.

**Tesi doctoral dirigida per:** Anna Marbà Tallada i Carolina Pipitone Vela

*En la portada se incluye una nube de palabras bordada por la autora de esta tesis y digitalizada por la artista argentina Gabriela Bustos. Con el bordado se busca representar lo artesanal que en muchas ocasiones representa el trabajo de una tesis. Volver hacia atrás y recomenzar, ensamblar con distintas hebras las palabras y generar una composición, es un trabajo creativo en el que la investigadora también presenta su arte.*

# **UAB**

## **Universitat Autònoma de Barcelona**

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals

Doctorat en Educació.

Tesis doctoral

Dialogando sobre partículas:  
análisis de las prácticas dialógicas de  
maestras en formación con niñas y niños  
de primaria.

**María Rosa Aguada Berteá**

Directoras:

**Anna Marbà Tallada y Carolina Pipitone Vela**

**Bellaterra, Julio 2024**



*A cada alumna y alumno de quienes tanto he aprendido  
y continúan inspirándome*



## Agradecimientos

---

Esta tesis es el resultado no sólo de muchas horas de trabajo, sino que además es el producto de largas jornadas compartidas con mucha gente que, sin duda, han hecho que esta tesis se concretara. Me siento plenamente agradecida con aquellas personas que desde sus saberes aportaron su granito de arena a cada una de las ideas que presentaré, pero también muy agradecida a aquellas que me acompañaron desde el cuidado y el cariño, cebando un mate o con palabras de aliento cuando el camino se hizo intenso.

Perdersé en los laberintos de la investigación es un reto muy interesante, muchas veces hay que volver a atrás y buscar nuevas salidas. Pude lograrlo gracias a mis dos grandes directoras y mentoras, Anna y Carolina, quienes, con humildad, cuidado, paciencia y generosidad me acompañaron en este proceso. Gracias por brindarme su tiempo y sabiduría, por valorarme y animarme a terminar este trabajo.

Gracias a todas las maestras y maestros en formación de la UB, que pasaron de DMEI entre 2018 y 2023, por darme la oportunidad de aprender junto a ustedes y por participar con interés de esta investigación. Gracias también al profesorado formador de DMEI, en especial a Carlos y Ángela por compartir su experiencia, escuchar, cuestionar y valorar los aportes de este proyecto.

Gracias a las docentes del departamento, especialmente a quienes formaron parte de los tribunales de seguimiento, por enriquecer esta investigación con cada aporte.

Gracias al equipo del proyecto IDENTITIES de la Universidad de Barcelona: Berta, Mariana, Oscar, Eleonora, Caro, Joaquín y Gemma, por invitarme a participar de tan hermoso grupo de trabajo y por el desafío de pensar desde otros marcos y referentes. Gracias por el cariño y el cuidado. Sin duda un gran aporte a mi formación como investigadora.

Gracias a las y los estudiantes de doctorado por estos años caminando juntos. Gracias especialmente a Pía, por estar presente desde mi llegada a la Autònoma, y por acompañarme tanto en la recta final, desde tus saberes, pero especialmente desde tu incondicional amistad. Gracias también, Alba y Camilo, por su tiempo y las largas conversaciones programadas por las diferencias horarias, sus aportes han sido cruciales, siempre fue lindo y enriquecedor compartir.

A Pauli, Seba y Paloma, por su apoyo en este camino y por enriquecer mis puntos de vista desde la historia y el feminismo y por las jornadas de trabajo y catarsis compartidas, pero también gracias por su amistad, por las conversaciones con café al sol y las canciones. Fueron la recarga de energía vital para este trabajo.

Gracias Paula, por acompañarme en este proceso, como en tantos otros, desde hace casi 20 años. Gracias por enseñarme sobre prioridades y a elegirme. No creo haber podido terminar este trabajo sin tu apoyo. Eternamente agradecida.

Gracias Argentina y a mi querida Universidad Nacional de Córdoba, por formarme como profesional con una excelente *Educación Laica, Pública y Gratuita, de la que estoy muy orgullosa*, ojalá nuestros gobernantes pudieran valorarte.

Gracias a mi querido colegio en Córdoba, en especial a mis alumnos y alumnas, por ser mi inspiración para querer seguir aprendiendo y mejorar como profe.

Gracias a mi gran familia en Argentina, a mamá, papá, hermanos, hermanas, y especialmente a mis sobris Mora, Mateo y Río que, con su amor, capaz de cruzar el océano, me han llenado de ternura y energía. A mi familia adoptiva y amigos de Barcelona, por acompañarme a pesar de mis desapariciones.

Finalmente, Gracias Christian, mi cariño, por apoyarme siempre en mis deseos por seguir estudiando, por tu compañía y amor incondicional. Por todas las tardes y noches en las que trabajaste conmigo y estuviste allí para mí.

## Resumen

---

En esta tesis se presenta una investigación sobre cómo dialogan las maestras en formación inicial de primaria con niños y niñas sobre el modelo corpuscular de la materia. Para ello, se analizaron las transcripciones de las prácticas dialógicas diseñadas e implementadas por las maestras con un grupo reducido de estudiantes, para desarrollar una idea clave de dicho modelo. En el marco de la investigación cualitativa-interpretativa, en este estudio se analizaron particularmente tres dimensiones establecidas para tal fin. En primer lugar, en la *dimensión didáctica*, se identificó cómo las docentes estructuraron las prácticas y qué recursos emplearon para abordar la idea clave del modelo en cuestión. En segundo lugar, en la *dimensión dialógica*, se identificó cómo son las interacciones con las niñas y niños y qué características tiene el discurso de las maestras a lo largo de las prácticas dialógicas. Finalmente, la *dimensión científica* permitió analizar la evolución de la idea clave del modelo, y el nivel de concreción que alcanzan.

La investigación se realizó con 28 maestras en formación inicial de una asignatura sobre didáctica de las ciencias impartida durante el segundo año del Grado de Educación Primaria de la Universitat de Barcelona. Para analizar los datos se construyó un sistema de códigos, siguiendo el método *bottom-up*, usando categorías definidas por otros autores y categorías propias.

En relación con los resultados de la *dimensión didáctica*, se observó que las maestras estructuran las prácticas dialógicas siguiendo un patrón POE (Predicción-Observación-Explicación) que es precedido por un episodio de Introducción al Modelo. También se observa que hay más de un ciclo POE, a veces incompletos. A lo largo de la sesión las maestras emplean diferentes recursos, como por ejemplo modelos físicos o dibujos, tomados o no de las clases de la asignatura. Es decir, las maestras identifican la necesidad de tener distintos objetivos didácticos a lo largo de la secuencia, así como la utilidad del recurso en la fase de explicación e introducción al modelo.

En relación con la *dimensión dialógica*, se observó que los turnos de habla principalmente respondieron a un patrón IRE (Sinclair & Coulthard, 1975), en el que las maestras son el centro del diálogo solicitando a los niños y niñas que respondan preguntas, y mostrando limitaciones para promover el diálogo entre pares. La mayor parte de las sesiones presentaron un enfoque

comunicativo Interactivo-Autoritativo (Mortimer & Scott, 2002), pero los episodios de Introducción al Modelo se caracterizaron por ser mayoritariamente Interactivo-Dialógicos. Así, durante la sesión dirigen el discurso hacia la construcción de la idea, llegando a veces a que los niñas y niños nombren las entidades y en otras a nombrar las reglas (difícilmente han promovido que las usen para interpretar el fenómeno).

En cuanto a la *dimensión científica*, se observa que no todas las ideas presentan la misma complejidad: por ejemplo, para construir la idea del movimiento de las partículas las maestras fueron capaces de construir esta regla, seguramente porque no tenían la necesidad de construir la entidad partícula. También se constata la dificultad que tiene las maestras en la mediación entre el fenómeno (situado en una escala Macro, observable) y el modelo (Micro, no observable). Además, se evidenció que las maestras presentan modelos en transición hacia el modelo científico, lo que condiciona tanto el desarrollo de la práctica, así como la identificación de oportunidades de aprendizaje.

Los resultados obtenidos muestran cómo es necesario enseñar a dialogar en el aula desde el conocimiento científico, ya que no solo se necesita dominar el contenido, sino hacerlo interactuar con sus aspectos didácticos y los dialógicos, debido a la importancia que estos tienen para la construcción de significados.

## Resum

---

En aquesta tesi es presenta una investigació sobre com les mestres en formació inicial de primària conversen amb nens i nenes sobre el model corpuscular de la matèria. Per dur-lo a terme, es van analitzar les pràctiques dialògiques dissenyades i implementades per un grup de mestres amb un grup reduït d'estudiants, per a desenvolupar una idea clau d'aquest model. En el marc de la recerca qualitativa, aquesta tesi focalitza particularment en tres dimensions d'anàlisi establertes per a tal fi. En la dimensió didàctica, s'identifica com les mestres structuren les pràctiques dialògiques i els quins recursos van utilitzar per a abordar la idea clau del model en qüestió. En la dimensió dialògica, s'han caracteritzat com són les interaccions dialògiques i quines característiques té el discurs de les. Per últim, l'anàlisi de la dimensió científica ha permès caracteritzar i analitzar l'evolució de la idea clau del model.

La recerca s'ha fet amb 28 mestres en formació inicial d'una assignatura de didàctica de les ciències impartida durant el segon any del Grau d'Educació Primària de la Universitat de Barcelona. Per analitzar les dades s'ha construït un sistema de codis, seguint el mètode *bottom-up*, fent servir categories definides per d'altres autors i categories pròpies.

En relació amb els resultats de la dimensió didàctica, s'ha observat que les mestres structuren les pràctiques dialògiques seguint un patró POE (Predicció-Observació-Explicació) en el que incorporen un episodi d'Introducció al Model. També s'observa que hi ha més d'un cicle POE, a vegades, però incomplets. Al llarg d'aquestes pràctiques les mestres empen diferents recursos com a ara models físics o dibuixos, que s'havien fet servir a l'assignatura o no.

En relació amb la dimensió dialògica, s'observa que els torns de parla principalment van respondre a un patró IRE (Sinclair & Coulthard, 1975), en el que les Mestres són el centre del diàleg sol·liciten que els nens i nenes responguin a preguntes, i mostrant limitacions per a promoure el diàleg entre iguals. La major part de la sessions presenten un enfocament comunicatiu Interactiu-Autoritari (Mortimer & Scott, 2002). Però els episodis d'Introducció al Model es caracteritzen per ser majoritàriament Interactiu-Dialògics. Així, durant la sessió dirigeixen el discurs cap a la construcció de la idea, arribant a vegades a que els nens i nenes nombrin les entitats i en d'altres, a que nombrin les regles (difícilment han promogut que les facin servir per interpretar el fenomen).

Respecte a la dimensió científica, s'observa que no totes les idees presenten la mateixa complexitat: per exemple, per construir la idea del moviment de les partícules les mestres van

ser capaces de construir aquesta regla, segurament perquè no tenien la necessitat de construir la entitat partícula. També es constata la dificultat que tenen les mestres en la mediació entre fenomen (situat a l'escala Macro, observable) i el modelo (Micro, no observable). S'ha evidenciat, també, que les mestres presenten models en transició cap al model científic, cosa que condiona tant el desenvolupament de la pràctica, com la identificació d'oportunitats d'aprenentatge.

Els resultats obtinguts mostren com és necessari ensenyar a conversar a l'aula des del coneixement científic, ja que no només es necessita dominar el contingut, sinó fer-lo interactuar amb els seus aspectes didàctics i els dialògics, atesa la seva importància en la construcció de significats.

## Abstract

---

This thesis presents an investigation of how teachers in initial primary education dialogue with children about the corpuscular model of the matter. For this purpose, transcripts of dialogical practices, designed and implemented by teachers with a small group of students in order to develop a key idea of this model, were analysed. Within the framework of qualitative-interpretative research, three dimensions were particularly analysed in this study. Firstly, in the *didactic dimension*, we identified how the teachers structured their practices and which resources they used to address the key idea of the model in question. Secondly, in the *dialogical dimension*, we identified how the interactions with the children are, and the characteristics of the teachers' discourse throughout the dialogical practices. Finally, the *scientific dimension* allowed to analyse the evolution of the key idea of the model and the level of concreteness achieved.

The research was carried out with 28 pre-service teachers enrolled in a science education course during the second year of the Primary Education Degree at the University of Barcelona. A coding system was developed to analyze the data, following the *bottom-up* method, using both categories defined by other authors and self-defined categories.

Regarding the results of the *didactic dimension*, it was observed that the teachers structure the dialogic practices following a POE (Prediction-Observation-Explanation) pattern, which is preceded by an Introduction to the Model episode. It was also noted that there is more than one POE cycle, sometimes incomplete. Throughout the session, teachers use various resources, such as physical models or drawings, whether taken from the course classes or not. In other words, the teachers recognize the need to have different didactic objectives throughout the sequence, as well as the usefulness of the resource in the explanation and introduction phase of the model.

Chat: Regarding the *dialogic dimension*, it was observed that the speaking turns primarily followed an IRE pattern (Sinclair & Coulthard, 1975), where the teachers are the centre of the dialogue, prompting the children to answer questions, and showing limitations in promoting peer dialogue. Most of the sessions exhibited an Interactive-Authoritative communicative approach (Mortimer & Scott, 2002), but the Introduction to the Model episodes were mainly characterised as Interactive-Dialogic. Thus, during the session, the discourse is directed towards the construction of the idea, sometimes leading the children to name the entities and

at other times to name the rules (they have rarely encouraged the use of these rules to interpret the phenomenon).

As for the *scientific dimension*, it was observed that not all ideas presented the same complexity: for instance, to construct the idea of particle movement, the teachers were able to construct this rule, likely because they did not need to construct the entity of a particle. Additionally, there was evidence of the teachers' difficulty in mediating between the phenomenon (situated at a Macro, observable scale) and the model (Micro, non-observable). Furthermore, it was evident that the teachers presented models in transition towards the scientific model, which influenced both the development of the practice and the identification of learning opportunities.

The results obtained highlight the necessity of teaching how to engage in dialogue in the classroom from a scientific knowledge perspective. It is essential not only to master the content but also to integrate it with its didactic and dialogic aspects, given their importance for the construction of meaning.

# Índice de contenido

Capítulo 1: Planteamiento del problema y objetivos .....	1
Capítulo 2: Marco Teórico.....	5
2.1    La modelización como práctica científica en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias .....	6
2.1.1    Actividad científica escolar.....	6
2.1.2    La modelización en la escuela y los modelos científicos escolares .....	8
2.1.3    Modelo corpuscular de materia en la escuela primaria .....	13
2.1.4    La modelización en la formación inicial de maestras .....	22
2.2    El diálogo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias .....	28
2.2.1    El valor del lenguaje para construir conocimiento .....	28
2.2.2    El diálogo en el aula de ciencias .....	31
2.2.3    La promoción de las interacciones en el aula.....	37
Capítulo 3: Metodología .....	41
3.1    Contexto de la investigación .....	43
3.2    Caracterización del contexto de la muestra .....	45
3.2.1    Fase I: diseño de la práctica dialógica y elaboración de informe .....	46
3.2.2    Fase II: Tutoría.....	47
3.2.3    Fase III: implementación de la práctica dialógica .....	48
3.2.4    Fase IV: análisis y elaboración de la memoria .....	48
3.3    Población .....	50
3.4    Categorización y análisis de datos .....	51
3.4.1    Construcción del libro de códigos .....	51
3.4.2    Libro de códigos .....	57
3.4.3    Tratamiento y análisis de los datos .....	69
3.5    Naturaleza y calidad de la investigación.....	70
3.5.1    Naturaleza de la investigación- Método de comparación constante .....	70
3.5.2    Validez y fiabilidad .....	71
Capítulo 4: Resultados y discusión .....	73
4.1    Resultados y discusión de la Dimensión Didáctica .....	75
4.1.1    ¿Cómo se estructuran las prácticas implementadas? .....	75
4.1.2    ¿Qué recursos usan las maestras en las prácticas dialógicas? .....	84
4.2    Resultados y discusión de la Dimensión Dialógica.....	91

4.2.1	¿Cómo se distribuyen las interacciones a lo largo de la sesión? .....	91
4.2.2	¿Con qué enfoque comunicativo se desarrollan los episodios a lo largo de las prácticas dialógicas? ...	93
4.2.3	¿Qué tipo de enunciados usan las maestras en la práctica dialógica? .....	97
4.3	Resultados y discusión de la Dimensión Científica .....	102
4.3.1	¿Qué <i>escala</i> alcanzan los enunciados de las maestras en formación inicial?.....	102
4.3.2	¿Cuál es el foco de los enunciados de las maestras en formación inicial? .....	104
4.4	Análisis de los distintos tipos de episodios.....	107
4.4.1	Introducción al modelo .....	107
4.4.2	Predicciones .....	109
4.4.3	Observaciones.....	111
4.4.4	Explicaciones .....	112
4.5	Análisis del desarrollo de las prácticas considerando las tres dimensiones .....	114
4.5.1	La materia está formada por partes.....	114
4.5.2	Las partículas ocupan espacio .....	125
4.5.3	Las partículas se mueven.....	134
Capítulo 5: Conclusiones .....		149
5.1	Conclusiones.....	150
5.1.1	Conclusiones relacionadas con el objetivo O1. ....	151
5.1.2	Conclusiones relacionadas con el objetivo O2. ....	154
5.1.3	Conclusiones relacionadas con el objetivo O3: .....	156
5.1.4	Conclusiones relacionadas con el objetivo O4. ....	158
5.2	Limitaciones de la investigación .....	160
5.3	Implicaciones y líneas futuras.....	160
5.3.1	Implicaciones para la formación del profesorado .....	160
5.3.2	Líneas futuras .....	162
Referencias .....		164

## Capítulo 1: Planteamiento del problema y objetivos

---

Esta investigación se inicia con el trabajo final del *Màster Universitari en Recerca en Educació (Especialitat en Educació Científica i Matemàtica)* de la Universitat Autònoma de Barcelona. Este trabajo tenía como objetivo central analizar cómo progresaban las preguntas elaboradas por maestras en formación inicial de la asignatura *Didàctica de la matèria l'energia i la interacció*, impartida en el Grado de formación de maestros de la Universitat de Barcelona.

A partir de este trabajo y su continuación durante los primeros años de esta tesis, se publicó en 2023 un artículo en la Revista Eureka (Aguada Berteá et al., 2023) en relación a la formulación de preguntas al usar prácticas POE. Los resultados presentados constataron la importancia del dominio del contenido y como al trabajar con un modelo sistémico en los que las entidades y sus propiedades se pueden identificar fácilmente. Sin embargo, aunque las preguntas se complejizaron, se observó una desconexión entre éstas y las ideas clave del modelo científico escolar. Es decir, no hicieron referencia a la búsqueda de evidencias de las diferentes ideas clave y, en consecuencia, no aludieron a las entidades y propiedades características del modelo.

La desconexión con el modelo científico escolar mostró que, si bien las prácticas POE, desarrolladas en la asignatura, promovían el conflicto expectativa-realidad entre la predicción y la observación, las explicaciones que construían tenían la finalidad de entender las causas de lo observado en una escala macro, sin vincularlas con el modelo científico escolar (Aguada Berteá et al., 2021). Así, no se avanza explícitamente en la identificación y de las ideas claves del modelo, aspecto que permiten complejizar estas explicaciones. Repensar las clásicas prácticas POE implicaría reconocer que la explicación no es suficiente y que es necesario hacer crecer en significado y complejizar el modelo inicial para así poder construir mejores argumentos basados en el modelo científico escolar.

Para complejizar las prácticas POE, el profesorado formador debería proponer instancias en las que se vincule explícitamente lo observado con el modelo científico escolar, y acompañar a las maestras en formación a alcanzar un mayor nivel de abstracción y así superar la simple explicación de la experimentación. Así, una de las propuestas que surgió del TFM fue pensar en prácticas POEMA, (Predicción, Observación, Explicación, Modelización y Argumentación) para así integrar todas las prácticas científicas y promover un incremento en el nivel de desempeño de las maestras en formación (Aguada Berteá et al., 2021). Esto implicaría aprender indagando mediante prácticas modelizadoras, y que son replicables en sus futuras clases en primaria. Estos cambios fueron incorporados en la asignatura para los años subsiguientes, y las maestras que conforman la población de este estudio transitaron la asignatura con estas modificaciones.

Ante las dificultades detectadas mencionadas, dada la importancia de las prácticas dialógicas, tanto en el ámbito de la didáctica de las ciencias, como en la asignatura *Didàctica de la matèria l'energia i la interacció* de la Universitat de Barcelona, y considerando el interés personal de profundizar acerca de cómo dialogan las maestras con los niños y niñas, se comenzó a idear esta nueva etapa de la investigación.

El punto de partida teórico del que se disponía enfatizaba que las maestras en formación entienden la importancia de que las ideas del alumnado sean las protagonistas de la sesión, pero tienen dificultades para construir diálogos en los que integren las aportaciones de los niños y niñas para la construcción de ideas más complejas (Larkin, 2012; Levin & Richards, 2011; Stein et al., 2015; Tekkumru-Kisa et al., 2022), debido a la dificultad que tienen las propias maestras con el contenido científico (De Pro Bueno et al., 2022; Nixon & Swain, 2024; Talanquer, 2004).

Concretamente, en el caso del modelo corpuscular de la materia, contenido que será el contexto de esta investigación, autores como Papageorgiou et al. (2010) mencionan que, con frecuencia, las maestras y maestros comparten dificultades similares a los del alumnado de primaria respecto a la naturaleza particulada. Esto podría deberse a que la mayoría de las docentes tienen modelos intermedios acerca de la materia (Benarroch, 2001; Talanquer, 2009, 2020).

Para intentar dar respuesta a esta problemática, el propósito de esta tesis es conocer cómo dialogan las maestras con los niños y niñas para construir una idea concreta del modelo corpuscular a partir de una práctica dialógica diseñada e implementada por ellas. Es decir, caracterizar cómo interaccionan tres aspectos fundamentales en el aula de ciencias: la propuesta didáctica, el diálogo que se establece y la construcción del contenido científico que se pretende abordar con práctica dialógica diseñada para construir una idea clave del modelo corpuscular de materia.

De este modo se plantea la siguiente pregunta de investigación:

*¿Cómo dialogan las maestras en formación inicial con niños y niñas sobre el modelo corpuscular de la materia?*

Para dar respuesta a esta pregunta, se proponen los siguientes objetivos:

**O1.** Analizar y caracterizar la dimensión didáctica identificando qué estructura presentan las prácticas dialógicas diseñada e implementada por maestras, así como identificar los recursos utilizados en ellas.

**O2.** Analizar la dimensión dialógica caracterizando en las prácticas dialógicas las interacciones entre maestras y estudiantes, el enfoque comunicativo, y el discurso de las maestras en formación.

**O3.** Analizar la dimensión científica, describiendo las características específicas de las ideas científicas abordadas por las maestras y el nivel de concreción expresado del modelo corpuscular de la materia.

**O4.** Analizar y caracterizar la relación entre las diferentes dimensiones en las prácticas dialógicas implementadas por maestras en formación inicial.

## Capítulo 2: Marco Teórico

---

2.1. La modelización como práctica científica en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias

2.2. El diálogo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias

En este capítulo se presenta la fundamentación teórica, a partir de la cual se ha enfocado esta investigación y que consta principalmente de dos partes. En primer lugar, se presenta la modelización como práctica científica en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, con especial interés en la construcción del modelo corpuscular de la materia en la formación de maestras en educación primaria. En la segunda parte, se profundiza en el valor del lenguaje y del diálogo como mediadores para el aprendizaje de las ciencias en el aula.

## 2.1 La modelización como práctica científica en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias

### 2.1.1 Actividad científica escolar

La incorporación de una perspectiva epistemológica al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias dio origen a la Actividad científica Escolar (ACE), línea de investigación que ha distinguido el trabajo de la Unidad de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universitat Autònoma de Barcelona. De acuerdo con este enfoque propuesto por Izquierdo et al. (1999), la ACE se caracteriza por una perspectiva epistemológicamente coherente con una visión de ciencia entendida como actividad humana de naturaleza teórica que interviene en el mundo y busca dar sentido a los fenómenos (Adúriz-Bravo, 2012; Giere, 1988). Además, se vincula con un modelo de aprendizaje basado en el marco socio-constructivista que atribuye gran importancia a la actividad cognitivo-discursiva y social en el aula (Hennessy, 1993).

Así, la ACE enfatiza especialmente la promoción integral del hacer, hablar, pensar y sentir “ciencia escolar” (Izquierdo et al., 1999), entendida como aquella que se aprende en la escuela, a diferencia de la ciencia que se genera en los laboratorios, y que tiene como propósito su uso en la vida cotidiana. Esto implica que, en la escuela, el alumnado “no hace de científico” sino que hace de “científico escolar” (Izquierdo, et al., 1999). De esta manera, la ACE no solo tiene una meta, sino que además tiene un método y un campo de aplicaciones adecuado para el contexto de la escuela, conectando a su vez con los valores del alumnado y con el objetivo de promover la construcción y evolución del conocimiento científico (Sanmartí & Izquierdo, 1997).

De acuerdo con Couso (2020), la ACE es un conjunto de prácticas científicas e ideas coherentes y análogas (pero no iguales) a la actividad científica “real” que traza el camino para la construcción de las primeras ideas, destrezas, lenguaje y racionamiento científico. Además, esta visión de la ACE es análoga al marco de la práctica científica (Couso & Garrido-Espeja, 2017), popular en el contexto anglosajón, e inspirada en la noción de ciencia como un conjunto

de prácticas que emerge a partir del trabajo de los historiadores de la ciencia, filósofos, científicos cognitivos y sociólogos durante los últimos 40 años (Osborne, 2014). La ACE resulta coherente con la práctica científica, tanto en los aspectos epistémicos como discursivos de esta, en la medida en que permite analizar e investigar concretamente el proceso de enseñanza-aprendizaje como actividad científica escolar (Crujeiras & Jiménez Aleixandre, 2012).

El enfoque cognitivo de la ACE fue definido por Ronald Giere (1988), quien caracterizó la relación entre el mundo teórico (modelos) y el mundo real (del que podemos obtener datos) como bidireccional. Esta relación se centra en evaluar el grado de ajuste entre lo imaginado (los modelos) con lo que es posible medir (los datos) (Figura 2.1).

De esta manera, se puede considerar que la ciencia escolar tiene modelos teóricos y preguntas propias, que se articulan con hechos paradigmáticos y, que estos modelos teóricos deben coincidir con los de la ciencia, pero eligiendo los imprescindibles y fundamentales para comprender los diferentes cambios que las ciencias quieren controlar y gestionar (Izquierdo, 2005).

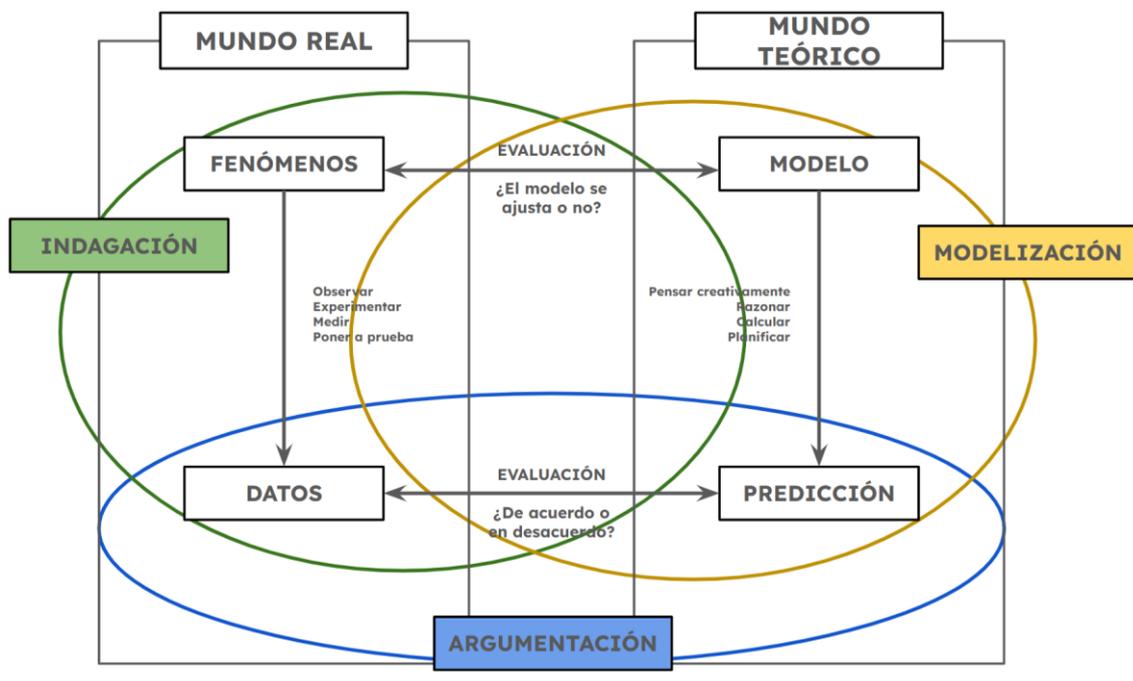


Figura 2.1. Traducción del esquema la actividad científica realizado por Garrido Espeja (2016) basado en los diagramas de Giere et al (2006) y de Osborne (2014).

Posteriormente, esta perspectiva ha quedado recogida con el término de prácticas científicas. De acuerdo con Jiménez-Aleixandre (2012) y National Research Council [NRC], (2007), las *prácticas científicas* se definen como los procesos de construcción, evaluación y

comunicación del conocimiento científico. Para Osborne (2014), la noción de ciencia como un conjunto de prácticas implica tres procesos: desarrollar hipótesis, generar datos para probar las hipótesis y evaluar y coordinar la evidencia para sacar una conclusión. Por otra parte, Duschl y Grandy (2013) definen tres procesos o dimensiones clave de la actividad científica:

1. Construcción de teorías y modelos (*modelización*),
2. Recogida y análisis de datos procedentes de observaciones o experimentos (*indagación*), y
3. Evaluación de pruebas y construcción de argumentos (*argumentación*).

Cada una de estas dimensiones implican formas especializadas de comunicación como el hablar, escribir, y representar fenómenos.

### 2.1.2 La modelización en la escuela y los modelos científicos escolares

Los modelos científicos son tan fundamentales para el desarrollo de la ciencia como para la educación científica, debido a que son mediadores entre el mundo y las teorías (Acevedo-Díaz et al., 2017). Para Aduriz-Bravo (2012), la diversidad de acepciones del término *modelo científico* implica que es un tema relevante para la didáctica de las ciencias, en especial, la naturaleza ontológica de los modelos, es decir, comprender qué es en esencia un modelo. Un modelo es una representación de un objeto o fenómeno con el fin de describir, explicar o predecir situaciones o hechos y, además, responder a preguntas y probar teorías. Estas representaciones son una expresión formal y parcial de la entidad modelada que es capaz de abstraer y reformular la esencia de la entidad, y es por ello por lo que los modelos científicos no son representaciones literales, sino incompletas, inexactas y simplificadas que se aproximan al sistema (fenómeno) representado (Aduriz-Bravo, 2012).

De acuerdo con Gutiérrez (2014), los constituyentes ontológicos de un modelo científico son un conjunto de entidades (modelo objeto) con sus propiedades especificadas y un conjunto de enunciados legales, concernientes a los comportamientos de las entidades consideradas en el modelo objeto. En palabras de Bunge (1973), *“Un modelo objeto es una representación esquemática de un sistema real o conjeturado. Este esquema enumera las propiedades más importantes de un objeto de una especie determinada”*.

En los modelos científicos se relacionan semánticamente los diferentes conceptos (Thagard, 1990). A partir de las definiciones de Thagard (1990) y Ogborn (1996), un concepto es la representación mental de un palabra o frase que hace referencia a un objeto o una entidad del modelo. En este sentido, se podrán encontrar conceptos que participan del lenguaje coloquial,

lo que no asegura que quien los utiliza tenga construido un significado científico para este, pero si algún tipo de significado.

A la vez, es posible observar diferentes conceptos relacionados entre sí. Thagard (1990) describe que los conceptos se organizan en jerarquías de clase de partes y se relacionan entre sí por reglas. Es posible identificar siete tipos de relaciones (Rivera, 1994; Thagard, 1990):

- *Relaciones de regla*: expresan las relaciones generales, pero no universales, entre conceptos. Son relaciones entre las entidades del modelo y por lo tanto son las que lo configuran. Izquierdo (2000) describe que estas relaciones "son las que hacen que la red sea apropiada para el aprendizaje de las ciencias, porque conectan los hechos con sus representaciones abstractas y simbólicas"

- *Relaciones de propiedad*: indican que un objeto particular tiene una determinada propiedad

- *Relaciones de clase*: son relaciones que indican que un concepto es una subclase de otro y por lo tanto permite establecer jerarquías

- *Relaciones de ejemplo*: indican que un objeto particular es un ejemplo de un concepto

- *Relaciones de parte*: indican un concepto está formado de partes y por lo tanto también ayudan a jerarquizar

- *Relaciones de sinonimia/antonimia*: expresan que un concepto es sinónimo/antónimo de otro

- *Relaciones de explicación*: relacionan conceptos que se sitúan a escalas diferentes.

En el ámbito de la didáctica de las ciencias los modelos que se enseñan brindan una representación adaptada, por transposición didáctica, del modelo científico de referencia. Esto implica, además, que los modelos deben ser construidos internamente por el alumnado, mediante diferentes procesos que pueden considerarse como modelos analógicos escolares (Harrison y Treagust, 2000).

Considerar la enseñanza-aprendizaje como un proceso de construcción de modelos conlleva la idea de progresión de aprendizaje (Duschl et al., 2011; Jorba & Sanmartí, 1996; Schwarz et al., 2009), entendida como las diferentes maneras de pensar sobre un tema en sucesivas oportunidades que pueden ir una tras otra a medida que los alumnos aprenden e investigan sobre este, a lo largo de un amplio periodo de tiempo en el que las ideas aumentan su complejidad (NRC, 2007). Las progresiones de aprendizaje son un producto basado en resultados de investigación y de inferencias teóricas para hipotetizar qué camino sería el adecuado a seguir por el alumnado para la construcción del modelo.

Oliva (2019), con el objetivo de unificar la terminología empleada en didáctica de las ciencias en torno a los modelos y la modelización, identifica que existen cinco acepciones que no son excluyentes, sino complementarias: 1. la modelización como progresión de modelos; 2. la modelización como práctica científica; 3. la modelización como competencia; 4. la modelización en su dimensión instrumental, y 5. la modelización como estrategia de enseñanza.

Considerar la modelización como enfoque didáctico general, implica que el profesorado toma diferentes decisiones, vinculadas a la selección y organización del contenido, para promover la evolución de los modelos de los estudiantes. Para Sjöström et al. (2020), los modelos didácticos en educación tienen como propósito orientar el pensamiento docente, a la hora de tomar decisiones educativas, antes, durante y después de la práctica pedagógica. Se pueden utilizar en el diseño, implementación y análisis del currículum y la instrucción, asimismo para la reflexión crítica sobre diferentes enfoques educativos, prácticas predominantes o dilemas de enseñanza.

Desde este enfoque, los modelos conceptuales se entienden como una serie de ideas abstractas y organizadas jerárquicamente, contruidos para comprender e intervenir en los fenómenos del mundo real (Oliva, 2019). Por otra parte, la modelización es una práctica científica vinculada a las prácticas de indagación en el aula, para las cuales es preciso que el profesorado, desde un papel de monitor, proponga un contexto activo y reflexivo para el alumnado.

Utilizar como referente el ciclo de modelización conlleva diseñar secuencias de enseñanza-aprendizaje que permitan explorar, crear, probar, evaluar y revisar modelos (Campbell et al., 2015). En este sentido, la modelización se convierte en un criterio de selección de contenidos, para la creación de escenarios de aprendizaje y secuencias coherentes con el proceso de modelización (Oliva, 2019; Sjöström et al. 2020).

Este enfoque enfatiza el carácter social de los procesos de construcción de modelos, resaltando el valor de las interacciones entre el alumnado y el profesorado para promover el aprendizaje significativo coherente con el paradigma socio-constructivista (Oliva, 2019).

Dentro de este enfoque Campbell et al. (2015), sintetizan los rasgos o pedagogías de la modelización e identifican cinco actividades de modelización que reflejan cómo la comunidad científica utiliza los modelos en su trabajo, y que deberían recibir la misma consideración intencional en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Las cinco pedagogías de modelado identificadas son:

- *Modelado exploratorio*, donde el alumnado investiga la propiedad de un modelo preexistente interactuando con el modelo, por ejemplo, cambiando parámetros, y observando los efectos.
- *Modelado expresivo*, donde el alumnado expresa sus ideas para describir o explicar fenómenos científicos mediante la creación de nuevos modelos o utilizando modelos existentes.
- *Modelado experimental* donde los y las estudiantes formulan hipótesis y predicciones a partir de modelos y las prueban experimentando con fenómenos.
- *Modelado evaluativo*, donde los y las estudiantes comparan modelos alternativos que abordan el mismo fenómeno o problema, evalúan sus méritos y limitaciones y seleccionan los más apropiados para explicar el fenómeno o resolver el problema.
- *Modelado cíclico*, donde los estudiantes participan en procesos continuos de desarrollo, evaluación y mejora de modelos para completar proyectos científicos bastante largos.

A partir de estos cinco tipos de actividades de modelización, se observa como el rol docente va cambiando y que el grado de implicación del alumnado es diferente en cada una de ellas. Esto implica que la evolución de los modelos mentales del alumnado no son el producto de procesos de transmisión de significados, sino que responden a la interacción entre sus modelos mentales con las representaciones didácticas de los modelos científicos y la realidad (Clement, 2000).

Oliva (2019), plantea que incluso si los estadios iniciales e intermedios se alejan del modelo de referencia a enseñar, estos no deben ser vistos como entidades estáticas y plagadas de imperfecciones. Por el contrario, se deben considerar como entidades dinámicas que permiten al alumnado reflexionar sobre sus experiencias en relación con el modelo y la conexión de estas experiencias con posibles mecanismos e información científica adicional, enriqueciendo así el proceso de construcción del modelo de referencia. Para lograr esto, es esencial emplear recursos instrumentales que faciliten al alumnado la construcción de modelos, basándose en la comprensión adquirida a través del manejo guiado de dichos recursos (Oliva, 2021).

Existen diversos tipos de recursos que se implementan para la construcción de modelos en clases de ciencias, estos ayudan a la visualización de ideas abstractas, permiten en acercamiento a fenómenos difíciles de imaginar y posibilitan el cambio en la magnitud de escalas a otras más cercanas (Oliva, 2021). Ejemplos de ello son las analogías (García-Carmona,

2021), personificaciones (Close & Scherr, 2015), modelos físicos (Couso et al., 2013) y experimentos mentales (Clement, 2009).

Ahora bien, aunque estos recursos propicien la construcción de modelos, es fundamental destacar la importancia que tiene el uso que se hace de estos en el aula. Esto implica que el medio y la metodología van de la mano e interactúan con los procesos cognitivos y sociales a través de los cuales se construye el conocimiento (Kozma, 1994).

Oliva (2021) propone seis criterios para optimizar el uso de los recursos:

a. *El alumnado debe hacer un uso activo del recurso.* Para ello la docente debe presentarlo de manera que propicie la participación activa, indagando, manipulando variables y analizando su efecto, reflexionando para vincular las acciones realizadas con las ideas del modelo que se pretenden desarrollar (Domènech-Casal, 2020; Ocelli & García Romano, 2018).

b. *Es necesario que la docente monitorice el uso del recurso.* Esto implica que el alumnado no trabaja con los recursos de manera autónoma, sino que precisa del acompañamiento docente, quien debe orientar y hacer un seguimiento de las producciones del alumnado y de lo que van aprendiendo para llegar al objetivo, es decir, es crucial el acompañamiento docente en el continuo proceso de andamiaje y retroalimentación.

c. *Trabajo de manera cooperativa.* La conversación crea un contexto mental compartido en el que es posible el intercambio de modelos personales de cada participante, generando la oportunidad de un modelo compartido que suele ser más rico y coherente (Seel, 2017).

d. *Los recursos deben contextualizarse en un marco general.* Esto implica que debe ser incluido en un plan general en el marco de una estrategia didáctica, y no debe promoverse su uso de modo aislado, de manera que favorezca un uso sistemático de estos (Oliva, 2021).

e. *El uso de los recursos no sustituye ni al fenómeno ni al modelo representado.* Así, utilizar los recursos se entienden como caminos para llegar al modelo y una forma de aprender a utilizarlos, pero son el modelo en sí mismo (Duit, 1991).

f. Proponer el uso complementario de diferentes recursos incluyendo la experimentación y así, otorgar verosimilitud a las comparaciones realizadas mediante diferentes estrategias (Clement, 1993; Donati & Andrade- Gamboa, 2004)

Durante la formación del profesorado podría hacerse énfasis en promover el uso de los recursos adecuadamente, es decir, seleccionar los recursos que mejor se ajusten a la idea del modelo que se pretende desarrollar y que permiten visualizar correctamente estas ideas. Así, si se propone implementar una secuencia diseñada por expertos, en la formación inicial, es

importante promover la reflexión sobre los recursos que se emplearan y qué ideas del modelo permiten construir potencialmente.

Aun cuando no se espera que los estudiantes de primaria y secundaria desarrollen nuevas teorías científicas, sí es esperable que logren desarrollar modelos basados en teorías y puedan argumentar su uso, en conjunto con la evidencia obtenida de las observaciones para desarrollar explicaciones. De esta manera, desarrollar modelos, argumentos y explicaciones, basadas en evidencia, es clave para desarrollar y demostrar la comprensión de un fenómeno, desde un punto vista científico (NRC, 2012).

### 2.1.3 Modelo corpuscular de materia en la escuela primaria

Tal como se desarrolló en el apartado anterior, la enseñanza-aprendizaje basada en modelos se define como aquella que es diseñada para sostener el desarrollo y la evolución de los modelos mentales del alumnado (Buckley, 2012). Desde esta acepción, se asume que los modelos son importantes para la comprensión conceptual de las ciencias y que, a su vez, llevarán al alumnado a incorporar conocimiento flexible, que puede ser aplicado y transferido (Clement, 2000). Como describe Oliva (2019), desde esta perspectiva, y sin considerar la consecución de otras metas didácticas, la educación científica se interpreta desde el aprendizaje de modelos.

De acuerdo con Sjöström et al. (2020), algunos modelos didácticos permiten entender cómo cambia la comprensión de los estudiantes sobre un concepto o idea o, cómo esta puede evolucionar hacia la meta planteada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Particularmente, en el campo de la didáctica de la química, se han desarrollado modelos didácticos para la evolución de la comprensión del estudiantado sobre la naturaleza particulada de la materia (Sjöström et al., 2020; Talanquer, 2018, 2009), así como la enseñanza de la estructura de la materia, el cambio químico y la estructura y propiedades moleculares (Copper et al., 2012; Johnson & Tymms, 2011; Stevens et al. 2010).

El National Research Council (NRC, 2012) plantea que las ideas centrales de las ciencias físicas (para el NRC en esta categoría se encuentran la física y la química) responden a dos preguntas fundamentales: "¿De qué está hecho todo?" y "¿Por qué suceden las cosas?", y que podrían ser las mismas preguntas que los propios estudiantes plantean. Estas ideas centrales se ponen al servicio de la explicación y predicción de una gama de fenómenos que suceden en la vida cotidiana, como la evaporación de un charco de agua, la transmisión del sonido, entre otros. Estos y otros fenómenos necesitan que los estudiantes comprendan las interacciones de

la materia y la energía y, por tanto, manejen una comprensión básica de ciertas ideas centrales.

La naturaleza corpuscular de la materia sigue siendo un campo llano de investigaciones a la hora de extraer conclusiones didácticas, desde las aportaciones empíricas, con respecto al conocimiento de los estudiantes en esta área. Las concepciones y modelos alternativos del alumnado sobre la estructura de la materia y sus cambios han sido objeto de un gran número de estudios de investigación. A partir de ellos, se han caracterizado acabadamente las ideas de las y los estudiantes en diferentes etapas de aprendizaje, haciendo estudios en niveles educativos específicos o analizando la progresión de un nivel a otro (Duit, 2007; Jiménez-Gómez et al., 2006; Talanquer, 2009, 2018, 2020). De acuerdo con Benarroch (2001), también se han descrito y sistematizado algunas concepciones de estudiantes con respecto a la naturaleza corpuscular de la materia, que la autora describe como “contradicciones y cuestiones sin responder” (p. 124) y que, a pesar de los años, siguen presentándose como interesantes ámbitos de estudio, particularmente para esta investigación. Estas son (Benarroch, 2001 p. 124-125):

a) Los estudiantes muestran, desde los diez años en adelante, cercanía con ideas corpusculares, pero la frecuencia del uso del modelo no tiene un acuerdo generalizado. Mientras Gómez Crespo (1996), señala que modelo se utiliza pocas veces de forma espontánea, Pozo et al. (1991), señalan que se observan investigaciones a favor y otras en contra de esta aseveración. De acuerdo con Benarroch (2001), una de las razones para estas discrepancias son las diferentes maneras de observar, por parte de los investigadores, el grado de apropiación del modelo por parte de los estudiantes.

b) Una de las mayores dificultades del modelo corpuscular se centran en los conceptos de vacío y de movimiento (Novick & Nussbaum, 1981; Meheut & Chomat, 1990). A pesar de esto, la investigación sobre las posturas o visiones corpusculares que adoptan los estudiantes que no reconocen el vacío, sigue siendo parte de la investigación sobre el modelo, particularmente la diferencia entre no observar o reconocer el vacío y la naturaleza discontinua de la materia.

c) Los estudiantes adjudican propiedades humanas (crecer, masa, volumen) y macroscópicas (dilatarse, fundirse, entre otras) a las partículas microscópicas. De todas maneras, se continúan estudiando los significados otorgados por los estudiantes a los términos que usan cuando aluden a esas propiedades.

d) Las ideas corpusculares son más frecuentes para los gases que para los sólidos y líquidos (Novick & Nussbaum, 1981; Posada, 1995). Lo que se desconoce es si esto también se observa

en aquellos estudiantes que manifiestan dificultades para comprender a los gases como materia (menores de doce años). El papel de los aspectos perceptivos en la construcción de las nociones corpusculares es uno de los aspectos claves a estudiar (Benarroch, 1997).

e) Hay una controversia entre el atomismo piagetiano y las nociones corpusculares alternativas de los estudiantes. Esto se puede sintetizar como “La situación actual respecto a la génesis del atomismo es que, en contra de lo que afirmaba Piaget, éste no es universalmente adquirido en el curso del desarrollo natural del niño y que es primordialmente el resultado de los aprendizajes escolares” (Blanco, 1995). En este sentido, el papel que el desarrollo natural y los aprendizajes específicos desempeñan en la construcción de las nociones corpusculares es algo que continúa siendo parte de la investigación.

f) Se desconoce la relación entre las representaciones icónicas y la concepción corpuscular implicada. Por una parte, muchas producciones puntuales no implican concepciones discontinuas, por otra se observa exactamente lo contrario, al argumentar que son los dibujos continuos los que pueden presentar una polémica, al poder estar realizados simplemente a un nivel más bajo de resolución.

En este marco, Talanquer (2009), identifica otras tensiones sobre la comprensión y uso del modelo. Estas hacen referencia a las suposiciones implícitas sobre la estructura, propiedades y dinámica de la materia, que pueden coexistir y que parecen limitar las ideas del razonamiento de los estudiantes sobre la naturaleza particulada de la materia. A partir de los resultados, sugiere caminos en la transición de ingenuo, a principiante y experto a lo largo de las dimensiones asociadas a la estructura y propiedades de las sustancias químicas.

Además, el autor (Talanquer, 2009) afirma que la comparación de los modelos y conceptos de los estudiantes, del mismo o diferentes niveles educativos, sugiere que entender el modelo científico actual sobre la estructura de la materia requiere dominar un conjunto de ideas interconectadas, que la mayoría de los estudiantes no comprende de manera simultánea. Así, afirma que es posible que el aprendizaje en las diferentes dimensiones (estructura, propiedades, dinámica e interacciones) evolucione de modo independiente, para las cuales propone el camino, más común en la transición de ingenuo a novato y luego a experto (Figura 2.2).

Aunque las suposiciones para cada dimensión pueden solaparse, estas dependerán del conocimiento específico, las características del contexto, y los objetivos en una tarea determinada. La influencia de estos factores en el pensamiento del alumnado parece cambiar según la situación o incluso con el tiempo dentro de una misma tarea. Esto podría explicar la

variabilidad en las explicaciones o predicciones individuales, especialmente en niveles intermedios de experiencia, en los que se incrementan las superposiciones de supuestos.

Dentro del dominio general, que considera a las limitaciones que pueden restringir o guiar el aprendizaje y el pensamiento en diferentes áreas del conocimiento, se incluyen las restricciones en las categorías. Por otro lado, dentro del dominio específico, que se relacionan con el tema puntual en cuestión, se incorporan a restricciones en la estructura, sobre las propiedades, a la dinámica, y a las interacciones (Talanquer, 2009).

<i>Estructura</i>	Continuidad – Granularidad — Corpuscularidad Inmersión — Vacío
<i>Propiedades</i>	Herencia ————— Emergencia Sustancialismo — Elementalismo — Emergencia
<i>Dinámica</i>	Estático — Causal — Contingente — Intrínseco Dinámico Dinámico Dinámico
<i>Interacciones</i>	Interacción ————— Interacción ————— Interacción por contacto contingente intrínseca

Figura 2.2. Suposiciones implícitas que frecuentemente constriñen el razonamiento de los estudiantes sobre estructura de la materia a lo largo de distintas dimensiones y en diferentes etapas del aprendizaje (Talanquer, 2009)

De acuerdo con todas las tensiones expresadas sobre la enseñanza-aprendizaje de la estructura de la materia, la enseñanza de la química manifiesta la necesidad de acuerdos, que implican la introducción a un núcleo de ideas fundamentales. Estas ideas son las siguientes (Gilbert & Treagust, 2009, p.3):

- *Toda la materia es de naturaleza particulada.*
- *Los elementos químicos muestran periodicidad en sus propiedades físicas y químicas.*
- *Los compuestos constan de dos o más elementos. En muchos casos, esto implica la formación de enlaces químicos específicos y direccionales que se forman cuando los electrones se aparean.*
  - *Los constituyentes de los compuestos adquieren una relación geométrica distintiva entre sí.*
  - *La energía se conserva a medida que se producen las reacciones químicas.*
  - *La entropía del universo (sistema más entorno) tiende a aumentar durante las reacciones químicas.*
  - *Existen barreras energéticas y geométricas a la reacción química.*

- *Sólo hay cuatro "tipos" de reacción química, la transferencia de un protón, la transferencia de un electrón, el intercambio de electrones y el intercambio de pares de electrones.*

La comprensión de estas ideas, en cualquier grado, no es fácil (Gilbert & Tragust, 2009) e implican, necesariamente, el estudio sobre las representaciones y los fenómenos que se relacionan con ellas. En este sentido, para Gilbert y Tragust (2009), se pueden encontrar 3 tipos de representación en química: 1. Fenomenológicas, 2. Modélicas y; 3. Simbólicas. El primer tipo de representaciones busca establecer *fenómenos ejemplares*, como representaciones de las propiedades empíricas de sólidos, líquidos, coloides, gases y aerosoles. Estas propiedades son perceptibles en actividades experimentales y en la vida cotidiana y, por lo tanto, se pueden medir. El segundo tipo busca el desarrollo de *modelos para las explicaciones causales* de todos los fenómenos que se encuentran dentro de su competencia. Es frecuente producir modelos construidos a partir de entidades como átomos, iones, moléculas y radicales libres, para fenómenos descritos con el primer tipo de representación. Finalmente, el tercer tipo implica la *asignación de símbolos* (que representan átomos de un elemento o de grupos enlazados de varios elementos, fórmulas moleculares, ecuaciones químicas, modelos moleculares, proyecciones de Fischer, signos, cargas eléctricas, subíndices, letras, entre otros), que apoyan una explicación cuantitativa y ayudan a comunicar y visualizar la química. De acuerdo con Gkitzia et al. (2009), la química es una ciencia representativa, simbólica y visual.

Profundizando en el marco de las representaciones, varios autores (Gkitzia et al., 2009; Jhonstone, 1982, 1991, 1993), han propuesto 3 niveles de representación para el estudio de la enseñanza de la química:

a) *Macroscópico*: nivel de representación descriptivo y funcional, que se refiere a lo observable: por ejemplo, cómo aparecen los fenómenos químicos a los sentidos, color, olor, densidad, etc. En esta clasificación se pueden encontrar representaciones de acuerdo con el sentido visual humano. Son experiencias directas producidas, muchas veces, por experimentos de laboratorio o experiencias de la vida cotidiana.

b) *Molecular o "submicroscópico"*: nivel de representación explicativo, que se refiere a lo que sucede a nivel molecular. El mundo invisible pero tridimensional de las formas de las moléculas y sus movimientos dinámicos, interacciones y cinética. En este caso los sistemas más típicos para la creación de estas representaciones son los modelos moleculares, siendo los más comunes la esfera y las estructuras con palos. Estas representaciones pueden ser imágenes,

animaciones computacionales o modelos moleculares palpables y son el único tipo que representan la naturaleza particulada de la materia, base para la comprensión posterior de las sustancias químicas.

c) *Simbólico, formal o "representacional"*: nivel de representación simbólica, que se refiere a cómo se simboliza un fenómeno. Las representaciones simbólicas pueden incluir símbolos, letras, números y signos que se utilizan para representar átomos, moléculas, iones, sustancias y fenómenos químicos. Una de las representaciones más clásicas dentro de este grupo son los símbolos químicos, las fórmulas químicas, las ecuaciones químicas, los mecanismos de reacción, las proyecciones de Newman y Fisher, las estructuras de Lewis, las gráficas, las ecuaciones algebraicas, entre otras, es decir, representan partículas tridimensionales de manera bidimensional. En este sentido Gkitzia et al. (2009), plantean que el lenguaje de la química se construye en términos de representaciones simbólicas, en las que un símbolo es el equivalente a una palabra. A partir de esto, el entendimiento holístico de un fenómeno químico implica la posibilidad de comprender y aplicar las tres representaciones. Los químicos, "han desarrollado la capacidad de "ver" la química en sus mentes en términos de imágenes de moléculas y sus transformaciones (representaciones internas) y de construir, transformar y utilizar una variedad de representaciones externas (macro, submicro y simbólico)" (Gkitzia et al. 2009, p.6).

Además de las representaciones que se han descrito, el pensamiento químico se fundamenta en diversos modelos que relacionan las propiedades de los sistemas con la estructura de un conjunto de componentes. De acuerdo con Talanquer (2018), el término propiedades hace referencia a cualidades observables o cantidades medibles que entregan información sobre la forma en que un sistema responde a distintas interacciones con su entorno. El término estructura incluye información en relación con los tipos de componentes (composición) que constituyen el sistema, su distribución espacial (geometría) y la naturaleza de sus interacciones (conectividad).

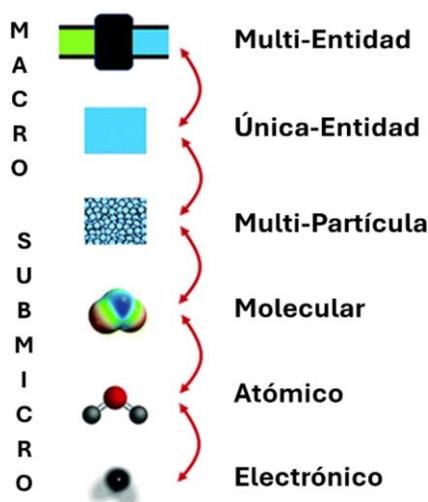


Figura 2.3. Diferentes escalas en las que las relaciones estructura-propiedad se construyen comúnmente en el pensamiento químico (Talanquer, 2018).

Por otra parte, Talanquer (2011), describe que para establecer relaciones estructura-propiedad, es posible construir diversos modelos en función de sistemas definidos en diferentes escalas, que implican las representaciones antes descritas, es decir, escala macroscópica, de múltiples identidades, hasta la escala electrónica (Figura 2.3). A partir de esta descripción, es posible observar que estos modelos relacionan las propiedades de un sistema en una escala determinada, con las propiedades y comportamientos de los componentes en una subescala. Talanquer (2011), ilustra estas relaciones a través de un ejemplo, que implica que las propiedades físicas del agua líquida pueden atribuirse al comportamiento dinámico de aquellas partículas submicroscópica.

Las relaciones estructura-propiedad se pueden construir a partir de un razonamiento asociativo o mecanicista y dependerá de la naturaleza y los objetos de una tarea (Talanquer, 2018). Así mismo, pueden expresarse utilizando asociaciones directas entre las propiedades de un sistema y la composición y estructura de sus componentes. Establecer estas asociaciones facilita la realización de predicciones y la construcción de explicaciones (Gutiérrez, 2014), aunque justificar las relaciones estructura-propiedad exige, además, la construcción de vínculos causales entre la estructura de los componentes y las propiedades del sistema (Russ et al., 2008). Así, las propiedades no pueden inferirse mediante la transferencia directa de propiedades de una escala a otra, sino que surgen de las interacciones dinámicas entre componentes (Luisi, 2002; Tümay, 2016).

Los tipos de mecanismos empleados en la construcción y justificación de las relaciones entre estructura y propiedad poseen características distintivas según las propiedades en

cuestión. En este sentido, los mecanismos utilizados para interpretar las propiedades físicas de un sistema se fundamentan en el análisis de las interacciones entre los componentes y los efectos sobre sus posiciones y movimientos relativos (Talanquer, 2018).

Esto sugiere que el desarrollo del razonamiento sobre la relación entre estructura y propiedad representa un desafío, ya que requiere la capacidad de reconocer, decodificar e interpretar múltiples características explícitas e implícitas en las representaciones de sistemas. Además, implica la construcción de puentes conceptuales entre diferentes escalas de análisis, la aplicación de diversas formas de razonamiento, y el uso de diversos esquemas explicativos. Una descripción de la progresión en el razonamiento sobre la relación estructura-propiedad debería ofrecer ideas sobre cómo el alumnado aborda estos desafíos en su proceso de comprensión (Talanquer, 2018).

Luisi (2002) y Tumay (2016), destacan la importancia de enseñar esta relación de manera explícita en el aula. Luisi (2002), plantea que una enseñanza centrada en la relación estructura-propiedad podría ayudar a los estudiantes a desarrollar un pensamiento más analítico y crítico respecto a la materia. En tanto, Tumay (2016), enfatiza la necesidad de utilizar modelos y representaciones visuales que ayuden a los estudiantes a conceptualizar las conexiones entre estructura y propiedades.

Por otra parte, en la investigación realizada por Talanquer (2018), se describen los seis patrones más comunes que el alumnado presenta para referirse a las propiedades de las sustancias en un orden de sofisticación creciente, determinado a partir del poder explicativo de estas formas de razonamiento. Se describe que, frecuentemente, el alumnado aplica un razonamiento más sofisticado en el análisis de casos conocidos, pero vuelven a un pensamiento menos sofisticado cuando se enfrenta situaciones desconocidas. Esto implica que la misma alumna o alumno puede adoptar un nivel de razonamiento diferente según las condiciones que se le presentan.

Las seis posturas dominantes en la progresión del pensamiento del alumnado sobre las *propiedades intrínsecas* de los materiales, en orden creciente de sofisticación, son:

- *Eclecticismo intuitivo*: pueden construirse diversas explicaciones en función de la naturaleza del material.
- *Composicionismo macro*: las propiedades de los materiales están directamente relacionadas con sus componentes macro específicos.
- *Corpuscularismo*: las propiedades de los materiales están directamente asociadas con las propiedades de partículas submicroscópicas con características inherentes.

- *Composicionismo atómico*: las propiedades de las sustancias están directamente vinculadas a los tipos y el número de átomos en el sistema.
- *Composicionismo funcional*: las propiedades de las sustancias están asociadas con la presencia de grupos particulares de átomos.
- *Interaccionismo estructural*: las propiedades de las sustancias emergen de las interacciones dinámicas entre componentes estructurales.

Por otro lado, ciertas propiedades de las sustancias se evidencian mediante comportamientos que son observables o habitualmente representados por simbolismo químico. A lo largo de su educación, el alumnado desarrolla explicaciones sobre estos comportamientos, aunque el razonamiento en este ámbito suele estar influenciado y restringido por un esquema subyacente que persiste a pesar de la enseñanza recibida (Talanquer, 2018). Son cinco las principales posturas implícitas, sobre el comportamiento de las sustancias, y se superponen a medida que se avanza en la escolaridad, incluso, algunas coexisten debido a que pueden aplicarse selectivamente para explicar diferentes tipos de conductas.

Las posturas dominantes en la progresión del pensamiento del alumnado sobre los *comportamientos explícitos* de los materiales son las siguientes:

- *Causalidad centralizada macro*: los comportamientos se explican en términos de las disposiciones de los componentes macro.
- *Causalidad centralizada de múltiples partículas*: los comportamientos se atribuyen a las disposiciones o acciones de agentes submicroscópicos internos.
- *Causalidad centralizada atómica*: los comportamientos están vinculados a las características, necesidades o disposiciones inherentes de los componentes atómicos.
- *Estabilismo energético*: los comportamientos se explican en términos de la búsqueda de estabilidad de los diferentes componentes de los sistemas químicos.
- *Interaccionismo estructural*: los comportamientos emergen de las interacciones dinámicas entre componentes estructurales.

En la investigación realizada por Talanquer (2020), el autor propone una progresión que establece que durante la educación primaria los niveles que deben alcanzarse son, para distintas dimensiones, siempre en una escala macroscópica, pero afirma que no es un modelo instruccional rígido, sino que es flexible, se adapta al contexto y sirve de guía para el trabajo docente. Sumado a ello, propuestas como las de Benarroch (2001) o la de Izquierdo (2012)

establecen que desde edades tempranas se puede iniciar a abordar la idea de partes y profundizar en la teoría de partículas.

En este sentido, la NRC (2012) plantea que, si el dominio de una idea central en una disciplina científica es el destino educativo definitivo o el objetivo de aprendizaje, en este caso aquellas referidas a la estructura de la materia, entonces las progresiones de aprendizaje bien diseñadas proporcionarán un mapa de las rutas que se pueden tomar para llegar a ese destino.

#### 2.1.4 La modelización en la formación inicial de maestras

Actualmente existe un consenso en la importancia de involucrar a niños y niñas desde edades tempranas, en actividades que impliquen pensar, hacer y hablar de ciencias, así como aquellas de evaluación y reflexión colaborativa, debido a que incrementan el nivel de interés en las ciencias por parte del alumnado (Harlen, 2014; Izquierdo et al., 1999, Pujol, 2003). De este modo, también se valora el lenguaje y las interacciones con otras personas (docentes y pares) como eje central en el proceso de aprendizaje de los niños y niñas (Furman, 2016). Es por ello por lo que cobra especial interés integrar estas prácticas científicas en la formación inicial del profesorado, con el fin de que también lleguen a sus futuras clases en primaria.

A pesar de la reconocida importancia que tiene la enseñanza de las ciencias en el aula, se observa que muchas escuelas primarias la abordan mediante un enfoque basado en la transmisión de conocimientos, en el que la ciencia se presenta como un conjunto de saberes que el alumnado debe aprender de forma acrítica, frecuentemente memorizándolos. Así, muchas docentes proponen actividades principalmente tradicionales como la lectura de libros de texto para buscar información, la realización de ejercicios y las clases magistrales, lo que podría deberse a una confusión sobre lo que significa investigar y a un malentendido sobre la metodología adecuada para las clases de ciencias (Amat et al., 2016; Cañal et al., 2013). Estas propuestas difieren de las que promueve la enseñanza basada en las prácticas científicas debido a que se desconecta de los aportes fundamentales de la didáctica de las ciencias actuales (Barrow, 2006; Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012; Simarro et al., 2013).

De acuerdo con Bonil y Márquez (2011) el profesorado en formación presenta creencias sobre las variables que influyen en su conocimiento profesional. Específicamente, respecto a la formación científica, han construido su propio concepto de ciencia y de cómo enseñarla a partir de su interpretación de las clases recibidas a lo largo de su escolaridad, que configura lo que se ha denominado "*pensamiento docente espontáneo*". En algunos casos, estas experiencias no son positivas y pueden significar un obstáculo para el cambio en el modelo didáctico, debido a que quedan fuertemente arraigadas por ser experiencias reiteradas,

asumidas como algo natural y de sentido común sobre las que no se reflexiona críticamente (Gil Pérez, 1991).

En este sentido, Sanmartí (2002) plantea la importancia de concebir la formación del profesorado como un proceso de que propicie el cambio en las ideas y prácticas aprendidas a través de autorreflexión y autorregulación que desafíen su pensamiento, para así generar cambios sustanciales. De este modo, siguen cobrando relevancia las investigaciones en la formación inicial del profesorado en ciencias.

Fischer et al. (2012) establecen que el conocimiento profesional docente se concibe como una de las precondiciones para el éxito de la enseñanza, y por esta razón, la formación inicial debe ser de calidad, pero a su vez, complementarse con la una formación permanente (Mellado et al., 1997).

Shulman (1987) propuso que el conocimiento básico del profesor incluye 7 componentes complementarios que intervienen en el proceso enseñanza-aprendizaje: 1) Conocimiento del contenido; 2) Conocimiento didáctico general; 3) Conocimiento del currículo; 4) Conocimiento didáctico del contenido; 5) Conocimiento del alumnado y sus características; 6) conocimiento de los contextos educativos y, finalmente, 7) Conocimiento de los objetivos, finalidades y valores educativos, y sus fundamentos filosóficos e históricos.

Entre estos componentes, el conocimiento didáctico del contenido (CDC) adquiere un especial interés ya que identifica a los cuerpos de conocimiento distintivos para la enseñanza. Shulman (1987) lo describe como una “amalgama entre materia y pedagogía” y se refiere a la comprensión del cómo enseñar, es decir, es principalmente metodológico y se enfoca en cómo ayudar a los y las estudiantes a entender un tema específico. Incluye la manera en la que se pueden organizar, representar y adaptar los contenidos teniendo en cuenta los conocimientos previos, intereses y habilidades del alumnado (Shulman, 1986).

Magnusson et al. (1999) afirman que el CDC es un concepto crítico para comprender la enseñanza de las ciencias y es el que distingue al profesorado de los especialistas en la materia. Redefinen al CDC como la transformación de diferentes conocimientos para la enseñanza de las ciencias. Entre ellos incluyen a) Conocimiento del currículum de ciencias, incluyendo metas y objetivos de las asignaturas; b) Conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes sobre temas específicos de ciencias; c) Conocimientos sobre la evaluación en ciencias y d) Conocimiento sobre las estrategias de instrucción de las ciencias.

Por su parte, Martínez Chico et, al (2017) proponen que en la formación inicial de maestras es necesario enfocar las asignaturas de didáctica de las ciencias en cuatro bloques de conocimiento que son relevantes para la formación docente:

- *Conocimiento práctico docente*: que se refiere a la planificación, implementación y evaluación de la enseñanza.
- *Conocimiento científico y práctica de la ciencia*: que considera al conocimiento científico como un continuo que abarca desde el conocimiento descriptivo, basado en la experiencia directa y lo observable, hasta los modelos teóricos. La finalidad de este aprendizaje es saber un conocimiento y poder aplicarlo en nuevos contextos.
- *Conocimiento epistemológico*: Se refiere a la forma en que se construye y valida el conocimiento científico, distinguiéndose de la epistemología del conocimiento ordinario. En este bloque se destaca el carácter hipotético del conocimiento científico y el uso de pruebas como criterio de aceptación, la intención de la ciencia de construir modelos de validez general en lugar de particular, y la importancia de la comunicación y discusión colectiva.
- *Conocimiento sobre cómo se aprende ciencia*: Hace referencia a la existencia de concepciones que los estudiantes utilizan para explicar el mundo, basadas en un conocimiento descriptivo, intuitivo y disperso, y que siguen una epistemología ordinaria, y que en muchos casos están lejos de los modelos científicos escolares.

En profesores de ciencias noveles, se ha observado una dificultad en integrar los componentes del CDC con coherencia, dado que presentan dificultades a la hora de tener que enseñar temas que están fuera de su dominio y muchas veces invierten mayor cantidad de tiempo en el diseño de las actividades (Talanquer, 2004). Así, en este contexto, la formación inicial del profesorado de educación primaria representa un desafío para sus formadores ya que se enfrentan a limitaciones espaciotemporales vinculadas a la extensión de los planes de estudio y las horas dedicadas a la formación. Esta dualidad requiere la generación de estrategias eficaces que se focalicen en competencias transversales en ciencias (Lammert, 2020) y que a su vez incluyan los contenidos científicos.

Para abordar esta dualidad existe un consenso entre el profesorado formador que propone trabajar los contenidos científicos y didácticos específicos en simultáneo (Haefner & Zembal-Saul, 2004). Acompañar a las maestras a vivenciar experiencias de aprendizaje de estas características, les permite construir una visión más realista de la ciencia y del trabajo científico. A su vez estas prácticas desarrolladas en el aula les servirán como referente ya que

podrán trasladarse a sus futuras clases en primaria (Desimone et al., 2002; Jeanpierre et al., 2005; Martínez Chico et al., 2015).

La enseñanza por indagación, en la formación inicial del profesorado, forma parte de este consenso, ya que promueve la construcción de conocimiento descriptivo que facilita el proceso de modelización (García-Carmona et al., 2017; Martínez-Chico et al., 2020). Esto permite que las maestras en formación inicial se aproximen al fenómeno estudiado a través del conflicto que se produce entre las predicciones que formulan inicialmente y lo observado experimentalmente. Por tanto, las maestras estarían vivenciando una etapa inicial de construcción del conocimiento que irá desarrollando y adquiriendo una mayor entidad a lo largo de las diferentes actividades propuestas. Además, dichas prácticas promueven y abordan el aprendizaje conceptual con la finalidad de que el alumnado se apropie de las explicaciones centrales de la ciencia a partir del uso del lenguaje científico y la argumentación. En este sentido, debería hacerse especial énfasis en la educación científica en educación primaria, proporcionando oportunidades para la indagación y actividades manipulativas, dejando de enfatizar exclusivamente los conceptos canónicos (Osborne & Dillon, 2008) y las abstracciones o representaciones matemáticas de los conceptos.

La enseñanza basada en indagación es una de las prácticas científicas que se plantean con el objetivo de enseñar al alumnado los conocimientos *de* ciencias y *sobre* ciencias, incluyendo los procesos de investigación para que además conozcan y comprendan las ideas científicas y cómo la comunidad científica estudia los fenómenos del mundo (Alake-Tuenter et al., 2012). En este sentido, la indagación es más que una visión amplia e integrada del conocimiento científico, es también un enfoque de enseñanza. Una manera de organizar y desarrollar las clases que promueve los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Abordar este tipo de prácticas implica aprender a establecer continuas conexiones entre el fenómeno observado y los conceptos planteados mediante un enfoque de indagación centrada en modelos; entendiendo como modelos a las representaciones que abstraen y simplifican el sistema en estudio y que, a su vez, permiten hacer explícitas y visibles sus principales características. Además, pueden ser utilizados para generar explicaciones y predicciones del fenómeno de estudio. Es así como se reconoce al modelo como un intermediario entre la teoría científica y el mundo de la experiencia (Verdú, 2004). Plantear la indagación centrada en modelos, permite involucrar al alumnado en un proceso de indagación científica con el objetivo de crear, evaluar y revisar los modelos científicos escolares (Izquierdo & Adúriz, 2003; Martínez Chico, 2014; Schwarz & Gwekwerere, 2007).

Dada la relevancia de la indagación en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es que parece claro que debe insistirse en su presencia en el currículo. Al mismo tiempo, se observa que los niños y niñas se plantean cuestiones y encuentran respuestas, dentro de su nivel de desarrollo, sobre qué y cómo ocurren los hechos, así como también qué causas son posibles o no (De la Blanca et al., 2013). A pesar de la creciente relevancia que se le da a la indagación en el aula de ciencias, no siempre ha sido interpretada de la misma manera. Esta situación ha traído aparejada, en estudiantes y formadores, cierta confusión sobre su funcionamiento (Barrow, 2006; Couso, 2014).

De la misma manera, y a pesar de la importancia de la construcción de modelos en la escuela se ha observado que los procesos de modelización son escasos en las aulas de ciencias (Acher et al., 2007; Windschitl et al., 2008). Una de las razones es presentar el conocimiento científico como acabado, indiscutible y estandarizado (Jiménez Aleixandre, 2010), en lugar de promover actividades modelizadoras para construirlo (Lehrer & Schauble, 2012). Otro de los motivos es considerar que el alumnado en edades tempranas no posee suficientes capacidades cognitivas para el abordar ideas abstractas abstracto (Acher et al., 2007). Finalmente, integrar la modelización en el aula representa un desafío para las docentes ya que surgen retos y barreras concretas (Schwarz & Gwekwerere, 2007), que se vinculan con las visiones de los modelos y la modelización poco apropiadas (Jiménez-Tenorio et al., 2016) y con la falta de posicionamiento crítico respecto al currículo (Garrido Espeja et al., 2022). Diversas investigaciones se han centrado en la formación inicial de docentes en relación con las prácticas científicas y la modelización. Por ejemplo, Schwarz et al. (2009) se enfocan en mejorar los conocimientos que tienen sobre la naturaleza de la modelización y en proporcionar herramientas para su aplicación en el aula.

En el currículum catalán para educación primaria (Decreto 175/2022) se propone abordar algunos saberes asociados al modelo corpuscular de la materia, por ejemplo:

- *“Materia, fuerzas y energía*
- *Distinción de los materiales, sus características, propiedades y procedencia en objetos de la vida cotidiana para justificar su uso.*
- *Interpretación de los cambios de estado de la materia al interaccionar con el calor para explicar fenómenos naturales.”*

Como puede observarse, se proponen de modo muy general e inconexo, estableciéndose a grandes rasgos saberes a trabajar sin relación alguna entre ellos. En la investigación realizada por Pipitone (2012) se identificaron algunos de los criterios y factores que intervienen a la hora

de seleccionar y secuenciar los contenidos que el profesorado de secundaria considera fundamentales. Así, se observó que aquel profesorado que conoce y domina los principales modelos científicos escolares, selecciona y secuencia los contenidos en función de dichos modelos.

Todos estos antecedentes fundamentan la necesidad de proporcionar a las maestras en formación inicial experiencias y herramientas que les permitan reconsiderar las metodologías a utilizar en las aulas de ciencias, promoviendo la construcción de modelos científicos escolares desde la perspectiva de la Actividad Científica Escolar como una propuesta valiosa para incorporar en clases (Garrido Espeja et al., 2022). Así, la formación inicial del profesorado en ciencias de educación primaria debe iniciar a las maestras en el desarrollo de competencias para enseñar ciencias, y responder a concepciones, implícitas o explícitas, de cómo debe enseñarse en el nivel primario (Martínez Chico, 2014).

## 2.2 El diálogo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias

### 2.2.1 El valor del lenguaje para construir conocimiento

Durante las clases de ciencias, docentes y estudiantes pasan mucho tiempo dialogando, escuchando, leyendo y escribiendo sobre ciencias. Con mayor o menor éxito, los mensajes orales o escritos intentan reflejar formas científicas de ver los hechos, las acciones y las teorías (Izquierdo & Aliberas, 2004). Hay un importante paquete de habilidades lingüísticas que son específicas de cada área y ofrecen una nomenclatura particular desde la cual comprender la realidad. En consecuencia, enfocar la interacción comunicativa propia de la clase de ciencias ofrece la posibilidad de fortalecer los procesos de mediación del aprendizaje en el aula. En este doble ámbito, general y específico, el profesorado de ciencias también enseña lengua (Osborne, 2023; Shanahan et al., 2011).

Según Shanahan y Shanahan (2008), cuando se trata de enseñar y aprender ciencias, se tiene como principal objetivo el desarrollo de competencias y la alfabetización dentro del dominio; es decir, una alfabetización disciplinaria. Sin embargo, para poder pensar críticamente sobre un dominio, se requiere al menos algún grado de conocimiento basado en la capacidad de leer, escribir y hablar utilizando los conceptos e ideas propias de la disciplina (Chinn et al., 2021; Osborne, 2023). Entonces, las dificultades lingüísticas que se encuentran en clase de ciencias demuestran que no es razonable esperar a que el lenguaje científico se aprenda espontáneamente: debe enseñarse de forma explícita (Izquierdo & Aliberas, 2004; Lemke, 1997).

En el origen del desarrollo del conocimiento científico, resulta importante valorar el proceso de construcción de las explicaciones de los fenómenos observados y las regularidades identificadas, así como la calidad de dichas explicaciones (Sanmartí, 2007). De este modo, el lenguaje adquiere una doble función. La primera, como instrumento para dar sentido a los hechos; la segunda, como medio para contrastar progresivamente las explicaciones hasta alcanzar el consenso, considerando los saberes contemporáneos al momento en el que se genera la discusión. Para Sanmartí, (2007), el lenguaje habilita estas discusiones en torno al conocimiento, su difusión y contribuye valiosamente a su construcción.

Junto con el *lenguaje*, la *experiencia* y el *conocimiento* adquieren gran relevancia para la educación científica (Figura 2.4), debido a que están íntimamente relacionados sin un orden jerárquico (Arcà, 1990). De este modo aprender ciencias conlleva aprender a mirar y ver las experiencias desde diferentes puntos de vista y a pensar sobre los fenómenos desde

concepciones que, con frecuencia, difieren de las intuitivas. Es a través del diálogo -consigo mismo o con otros-, como se generan estas nuevas maneras de mirar y pensar, por medio del uso de vocabulario y expresiones propias de la ciencia (Sanmartí, 2007)

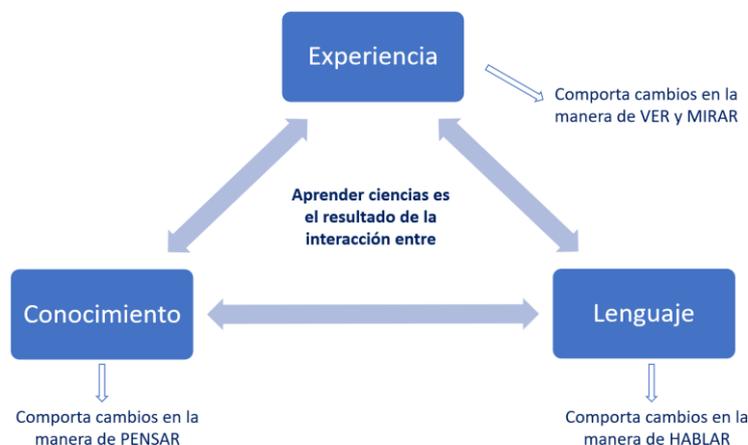


Figura 2.4. Arcà (1990). Aprender ciencias es el resultado de la interacción entre el lenguaje, el conocimiento y la experiencia.

En este sentido, Sanmartí (2007) propone que el proceso de construcción de conocimiento científico implica el pasar de hablar un lenguaje personal, cotidiano e impreciso, a ser capaces de emplear el lenguaje de la ciencia, mucho menos polisémico. Esto no significa sólo la incorporación de vocabulario preciso; las palabras cobran sentido si expresan una idea, por lo que la enseñanza de las ciencias no se puede separar del aprendizaje del otro, considerando que nos apropiamos de las ideas sólo al nombrarlas.

El lenguaje juega a su vez un rol importante en el aprendizaje de las ciencias, debido a que el progreso de las ideas es fomentado a través de la experimentación, que pone a prueba dichas ideas. Es a través del uso del lenguaje que es posible expresarlas, en diferentes maneras, y discutir las, cuestionarlas, evaluarlas, revisarlas y replantearlas (Izquierdo et al., 1999). En otras palabras, el lenguaje constituye una herramienta central, ya que permite pensar y mediar la propia actividad en un contexto de interacción social (Hennessy et al., 2020; Mercer, 1997; Scott et al., 2006; Vygotsky, 1978).

Dada la relevancia del lenguaje para la enseñanza-aprendizaje de la ciencia es que desde la década de los 90 la investigación ha tenido en consideración los aspectos discursivos que se relacionan con la actividad científica dentro del aula de ciencias. El enfoque que predomina en esta línea de investigación ha estado influenciado por las teorías socio-constructivistas del aprendizaje (Lemke, 1997; Mercer, 1997). En los últimos años, se ha evidenciado un creciente interés respecto de cómo se construyen los significados a través del lenguaje en la particular

interacción comunicativa propia del aula de ciencias. Diferentes estudios destacan la relevancia de investigar el discurso como fenómeno complejo en relación con la enseñanza de las ciencias (Aliberas et al., 2019; Gómez Zaccarelli et al., 2018; Hennessy et al., 2020; Lemke, 1997; Mortimer & Scott, 2002; Rojas-Drummond et al., 2013; Vergara Sandoval, 2022; Williams & Clement, 2015).

Si bien el análisis del discurso en el contexto del aula no es un campo unificado, actualmente existe un consenso sobre las características y las formas de diálogo productivas para el aprendizaje. Desde esta perspectiva, la construcción del conocimiento es un proceso continuo y de carácter colectivo, a través del intercambio, la crítica y el consenso entre ideas contrapuestas que se acumulan en el tiempo (Littleton & Mercer, 2013; van der Veen et al., 2017). Como señalan García Carrión et al. (2016), el lenguaje actúa como una herramienta que facilita el desarrollo tanto de ideas individuales como de aquellas que se generan en un entorno social. Además, debido a las diversas experiencias que los estudiantes tienen al interactuar con su entorno, es crucial contar con un medio común para referirse a los fenómenos y a las ideas que los describen o explican. De este modo, el uso del lenguaje en el aula de ciencias permite al alumnado expresar, compartir y comprender sus propias ideas y las de los demás, facilitando así el logro de consensos (Vergara Sandoval, 2022).

También existe consenso respecto de involucrar al alumnado en patrones de conversación o modos de razonamiento argumentativo característicos de la ciencia y la noción de discurso dialógico es central en estos acuerdos (Pipitone et al., 2008; Scott et al., 2006). Duschl y Osborne (2002) afirman que la argumentación debe ser dialógica ya que requiere considerar relatos plurales y la oportunidad de construir y evaluar argumentos que relacionen las ideas con las evidencias. Por otra parte, Kelly y colaboradores (2001) muestran la importancia potencial de las voces disidentes en la construcción discursiva de explicaciones y sugieren que solo se puede lograr el consenso genuino en ciencias a través del discurso dialógico.

Haciendo foco en el proceso que puede conducir a la construcción de un concepto-palabra en educación primaria, Gómez y Sanmartí (2006) proponen el desarrollo de cuatro fases. La primera, consiste en la generación de una nueva idea y surgimiento de la necesidad de una nueva palabra asociada a ella. En la segunda, el alumnado selecciona y consensua una nueva palabra o expresión-puente para nombrar a la nueva idea. Luego, en la tercera fase, la docente propone una nueva experiencia para utilizar la expresión-puente, con lo que su significado se generaliza. Finalmente, la fase 4, una vez que el alumnado ha generalizado la idea, la mediación docente introduce una nueva forma de hablar que consiste en la incorporación

paulatina del término científico. Es importante destacar que con la primera apropiación del término científico el proceso de estructuración de las ideas y organización de la experiencia no ha hecho más que comenzar. Así, resulta un momento propicio para dar mayor significado a las palabras y apropiarse de nuevos procesos y relaciones con otros términos (Sanmartí, 2007).

En el ámbito de la formación inicial de maestras de primaria, Pipitone et al. (2017) proponen trabajar, a partir de actividades dialógicas, ya que propician la evolución del conocimiento científico a partir del diálogo reflexivo, las preguntas que interpelan las ideas previas del alumnado, y de las diferentes miradas de un mismo fenómeno. Asimismo, las autoras sostienen que, al desarrollar un modelo teórico evolucionan conjuntamente las ideas y el lenguaje empleado para describirlas. Cuando las maestras en formación inicial intentan expresar sus ideas con mayor precisión, comienzan a darse cuenta de la necesidad de nuevos términos, tanto para abstraer información como para denominar aspectos específicos del fenómeno que están explicando. A partir de estas reflexiones, se observa que, en la formación del profesorado, tampoco se trata solo de incorporar un vocabulario más preciso y abstracto, sino que cada nuevo término incorpora información adicional. Las maestras en formación deben haber construido conocimientos científicos para poder atribuir nuevos significados a las palabras.

En relación con el aprendizaje de las ciencias, el lenguaje permite explicitar los modelos iniciales para, a partir de allí, hacerlos crecer y aproximarlos a los modelos científicos escolares (Aliberas et al., 2019; Garrido Espeja, 2016; Hennessy et al., 2016; Michaels & O'Connor, 2012; Williams & Clement, 2015). En consecuencia, el desarrollo de habilidades que permitan mediar el proceso de aprendizaje de las ciencias a través del lenguaje resulta de central relevancia en la formación de futuras maestras.

### 2.2.2 El diálogo en el aula de ciencias

El estudio del diálogo en el aula comenzó centrado en las interacciones docentes-alumnado y generaron la descripción de diferentes *técnicas discursivas* que el profesorado utiliza frecuentemente como "herramientas de su oficio" (Mercer, 1997). En general, el profesorado realiza muchas preguntas al alumnado, creando un patrón (tríada) conocido como *IRE* (Iniciación de la docente-Respuesta del estudiante- Evaluación de la docente) descrito por primera vez por Sinclair y Coulthard (1975). Según Black y Wiliam (2009), este patrón comunicativo continúa teniendo una fuerte presencia en el aula. A veces, la docente solo apoya la elaboración de un enunciado para que el alumnado elabore más el discurso. Estas interacciones generan nuevos patrones no triádicos al solicitar al estudiante que continúe

desarrollando una idea o para que elabore un poco más el discurso (Gómez Zaccarelli et al., 2018; Mortimer & Scott, 2002; Scott et al., 2011). Además, el profesorado sintetiza lo que considera relevante para ayudar a relacionar experiencias pasadas con la actual, como también puede recoger los aportes del alumnado para reelaborar o reformular los aportes del grupo (Gómez Zaccarelli et al., 2018; Mercer, 1997; Mercer et al., 2004; Ruiz-Primo & Furtak, 2006). Esta estrategia discursiva complejiza aún más los patrones de interacción.

La enseñanza dialógica desafía al profesorado a salir de la tríada IRE. Esto se debe a que sus preguntas pueden desempeñar diversas funciones útiles, tanto en el desarrollo del aprendizaje como en el uso del lenguaje como herramienta de razonamiento de los niños y niñas. Así cobra importancia el rol de la docente para alentar al alumnado a hacer explícitos sus pensamientos, razones, conocimientos y compartirlos con la clase, modelar formas útiles de usar el lenguaje que puedan luego hacer suyas en discusiones en grupo y en otros entornos. Además, ofrece oportunidades para que realicen contribuciones más extensas en las cuales expresen su estado de comprensión actual, articulen ideas, y permitan a la docente identificar y evaluar los problemas con los que se están encontrando, favoreciendo la retroalimentación (Alexander, 2018; Mercer & Littleton, 2007). De esta manera, el alumnado asume un papel activo y sostenido en el debate de ideas, en oposición al monólogo del discurso docente que tiende a ser prevalente (Nystrand et al., 2003).

En esta línea, la investigación de Rojas-Drummond y Mercer (2003) comparó a las maestras en función de los niveles relativos de logro del alumnado en pruebas de comprensión lectora y matemáticas. Según sus resultados, las maestras cuyos estudiantes obtuvieron los mejores puntajes podían distinguirse, por promover la meta reflexión a través de secuencias de preguntas y respuestas para evaluar el conocimiento, guiar los razonamientos a través de preguntas para descubrir los niveles iniciales de comprensión del alumnado, y adaptar el proceso de enseñanza en consecuencia, para promover el razonamiento y reflexión sobre el proceso. Además, estas docentes se caracterizaron por enseñar el contenido y los procedimientos para dar sentido a la experiencia y trataban el aprendizaje como un proceso social y comunicativo animando al alumnado a tomar un papel más activo en el diálogo del aula.

Aunque los estilos de enseñanza y las formas de organizar las aulas varían dentro y entre culturas, estas técnicas parecen ser de uso común en todo el mundo. A pesar de ello y, como ocurre con las herramientas de cualquier oficio, el profesorado puede utilizar estas técnicas discursivas comunes de maneras distintas e incluso de manera incorrecta (Mercer, 2004). Para

evaluar el uso de dichas técnicas, es preciso considerar cuál podría ser su propósito educativo en relación con los objetivos que plantea una instancia de aprendizaje. Durante el proceso enseñanza-aprendizaje, la conversación es una actividad conjunta orientada a generar un marco compartido de comprensión a partir recursos, conocimientos, intereses y objetivos compartidos. En este sentido, la conversación es la principal herramienta para crear este marco, y al cuestionar, recapitular, reformular y elaborar nuevas explicaciones, el profesorado suele tratar de llevar al alumnado a una comprensión compartida de las actividades en las que están involucrados (Lemke, 1997; Mercer, 2004).

El proceso de *enseñanza y aprendizaje dialógico* (Hennessy et al., 2016; Rojas-Drummond et al., 2013) tiene sus raíces en la enseñanza dialógica propuesta por Vygotsky, (1978) y es concebido como aquel que:

- a. es capaz de aprovechar el poder del lenguaje para estimular y ampliar la comprensión y el aprendizaje del alumnado.
- b. es colectivo, recíproco, solidario, acumulativo y propositivo.
- c. participa en modos sociales de pensamiento en el que, a través propuestas de trabajo grupales, el razonamiento puede hacerse visible para otros.
- d. fomenta una participación equitativa, en la que cada participante es considerado como co-aprendiz en la construcción conjunta del conocimiento;
- b. está abierto a nuevas ideas, es críticamente constructivo y fomenta la negociación de perspectivas.
- c. promueve la creación de entornos en los que pueden expresarse diversas voces para que los distintos puntos de vista sean considerados; y
- d. cuestiona el predominio de prácticas educativas tradicionales en las que una sola voz (principalmente la del profesorado) es escuchada.

A pesar del interés generalizado en estos estudios, se evidencia una notable ausencia de interacciones dialógicas en aulas de ciencias (Mercer et al., 2019). Esto implica que continúa vigente el desafío de ampliar la gama de interacciones en las aulas de ciencias, superando las estructuras tradicionales de participación en las que el profesorado habla la mayor parte del tiempo y el alumnado se limita a responder preguntas y recibir evaluaciones de sus respuestas (patrón IRE). Es decir, el desafío es alcanzar, en términos de Engle y Conant (2002), el “compromiso disciplinario productivo”, en el que el alumnado cobra un rol más activo, haciendo contribuciones sustanciales al tema de discusión que están coordinadas entre sí. Así

puede observarse que el alumnado progresa, por ejemplo, en la calidad de los argumentos y en el desarrollo de nuevas ideas (Scott et al., 2006).

Engle y Conant (2002) sugieren cuatro principios para fomentar el compromiso disciplinario productivo: problematizar el contenido, dar autoridad al alumnado, responsabilizar al alumnado ante los demás y las normas disciplinarias, y proporcionar los recursos relevantes. La problematización de los contenidos implica que el profesorado anime a cuestionar, proponer y desafiar, en lugar de simplemente esperar respuestas y asimilar hechos y procedimientos. Dar autoridad al alumnado significa animarlos a ser quienes construyen explicaciones más complejas afines al conocimiento científico, en lugar de ser sólo receptores pasivos del contenido. Por otra parte, promover un ambiente de aprendizaje activo y modificante permite que el alumnado considere otros puntos de vista, no necesariamente para aceptarlos sino para responder a ellos. Se espera que de este modo se consulten entre sí para construir su comprensión en un dominio y que respeten las normas disciplinarias, como ocurre por ejemplo al dar evidencia de sus afirmaciones (Engle & Conant, 2002; Gómez Zaccarelli et al., 2018).

Mortimer y Scott (2002), presentan un marco analítico del discurso en el aula con foco en el rol docente, basado en cinco aspectos de análisis interrelacionados. En un trabajo posterior (Scott et al., 2006), profundizan en tres de estos aspectos: Enfoque comunicativo, Patrones de interacción y Propósito de enseñanza (Mortimer & Scott, 2002; Scott et al., 2006). Cuando hacen referencia al enfoque comunicativo consideran, por ejemplo, el grado de interacción del profesorado con el alumnado y el lugar que ocupan las ideas del alumnado a medida que avanza la sesión. Así, identifican cuatro clases de enfoque comunicativo definidas bajo dos dimensiones: Autoritativo vs Dialógico e Interactivo vs No interactivo (Mortimer & Scott, 2002).

Se considera que el diálogo tiene un enfoque *Dialógico* (Tabla 2.1) si la docente reconoce y tiene en cuenta las ideas del alumnado; es decir, promueve un discurso abierto a diferentes puntos de vista, aunque a lo largo de una clase de ciencias la conversación dialógica pueda adquirir características diferentes. Por ejemplo, al comienzo de la secuencia de una lección, la docente podría obtener las opiniones de los estudiantes sobre un fenómeno particular y más adelante, en la secuencia, puede animar al alumnado a discutir cómo aplicar una idea científica recién aprendida en un contexto novedoso (Mortimer & Scott, 2002).

La interacción dialógica puede implicar diferentes niveles de interacción de ideas. En un extremo (interacción baja de las ideas), la docente podría simplemente preguntar los puntos de vista del alumnado y anotarlos en la pizarra. Aquí, el discurso está abierto a diferentes

puntos de vista y las ideas se encuentran disponibles en el plano social, pero no necesariamente son recuperados a través de la comparación y contraste (Mortimer & Scott, 2002; Scott et al., 2006).

Por otro lado, cuando el nivel de interacción es alto, la docente indaga en las ideas del alumnado y trata de establecer relaciones entre sí. Así, puede darse el caso en el que la docente recopile ideas al comienzo de una secuencia de enseñanza (bajo nivel de interacción) y luego, las compare y contraste con el punto de vista de la ciencia escolar (alto nivel de interacción). La acción de enlazar las ideas del alumnado en diferentes momentos y analizar sus conexiones, representa un desafío para el profesorado, ya que implica que presente ideas diferentes compartidas por estudiantes individuales, resalte cómo están conectadas y ayude a los estudiantes a reconocer esos vínculos en un esfuerzo por llevar la conversación hacia la resolución (Gómez Zaccarelli et al., 2018). Osborne et al. (2016) señalan que ayudar a los estudiantes a identificar por qué algunas ideas son menos centrales que otras en un argumento pueden contribuir al progreso epistémico.

Tabla 2.1. Características clave del discurso autoritativo y dialógico (Scott et al 2005).

	Discurso Autoritativo	Discurso Dialógico
<b>Definición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centrada en una única perspectiva, normalmente la visión de la ciencia escolar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abierto a diferentes puntos de vista</li> </ul>
<b>Características</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dirección prescrita de antemano</li> <li>Límites de contenido claros</li> <li>Sin interacción de ideas</li> <li>Se puede representar más de un punto de vista, pero se focaliza en uno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios de dirección a medida que se introducen y exploran ideas</li> <li>Sin límites de contenido</li> <li>Interacción de ideas variable</li> <li>Más de un punto de vista es considerado y representado</li> </ul>
<b>Papel docente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La autoridad docente es clara</li> <li>Es el profesorado quien prescribe la dirección del discurso.</li> <li>El profesorado actúa como guardián de los puntos de vista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El profesorado asume una posición neutral, evitando comentarios evaluativos</li> <li>Mayor simetría en las interacciones docente-estudiante</li> </ul>
<b>Intervenciones docentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ignora/rechaza ideas del alumnado</li> <li>Remodela las ideas del alumnado</li> <li>Hace preguntas instructivas</li> <li>Comprueba y corrige</li> <li>Restringe la dirección del discurso para evitar dispersión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicita contribuciones del alumnado</li> <li>Pide aclaraciones y mayor elaboración</li> <li>Hace preguntas genuinas</li> <li>Sondea la comprensión del alumnado</li> <li>Compara y constata perspectivas</li> <li>Fomenta la iniciación de ideas por parte del alumnado</li> </ul>
<b>Demandas al alumnado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir instrucciones docentes</li> <li>Utilizar el lenguaje científico siguiendo el ejemplo docente</li> <li>Aceptar el punto de vista de la ciencia escolar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta puntos de vista personales</li> <li>Escucha a sus pares</li> <li>Dar sentido a las ideas de sus pares</li> <li>Construir y aplicar nuevas ideas a través de hablar con otros/as</li> </ul>

La interacción puede ser continua en casos en los que el alumnado trabaja en equipo para aplicar una nueva idea científica para construir una explicación. Esto comprende momentos de acuerdos y desacuerdos que se generan en esta interacción continua (Mortimer & Scott, 2002; Scott et al., 2006).

En el otro extremo, el discurso presenta un enfoque Autoritativo cuando no contempla la identificación y exploración de ideas del alumnado, sino que se enfoca en los puntos de vista de la ciencia escolar. En consecuencia, no hay exploración de las ideas del alumnado ni interacción explícita entre éstas. El profesorado sólo considerará las preguntas de sus estudiantes siempre que les sean útiles para sus objetivos (Mortimer & Scott, 2002). Esto implica que la dirección del discurso está fijada de antemano por la docente y que se caracteriza principalmente por la secuencia IRE (Tabla 2.1).

Por otra parte, de acuerdo con Scott et al. (2005), lo que hace que la conversación sea funcionalmente dialógica es si se reconocen las ideas de todos los participantes. Una conversación es interactiva cuando permite la participación de más de una persona; en cambio, es no interactiva cuando no la permite

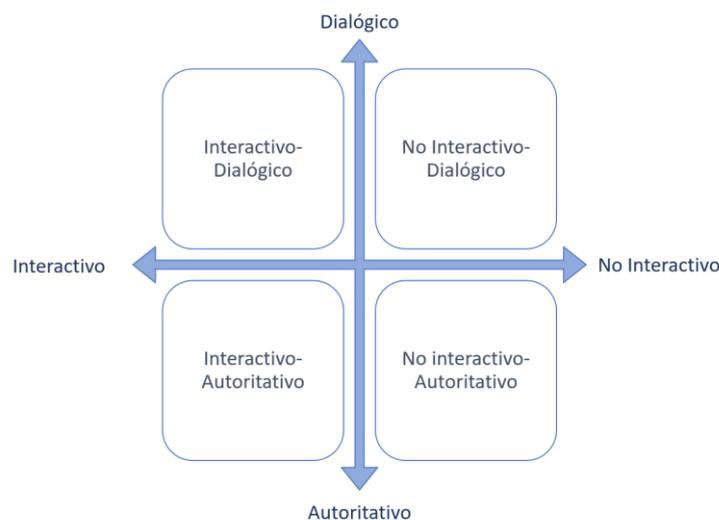


Figura 2.5. Enfoques comunicativos Scott y Mortimer (2002).

A partir de la combinación de estas dos dimensiones (Figura 2.5), surgen cuatro clases de enfoque comunicativo que los autores ejemplifican de la siguiente manera (Mortimer & Scott, 2002):

- *Interactivo/dialógico*: docente y estudiantes exploran ideas. Si el nivel de interacción es alto, hacen preguntas auténticas y ofrecen, consideran y trabajan con diferentes puntos de

vista. Por otra parte, si el nivel de interacción es bajo, las diferentes ideas sólo son puestas a disposición.

- *No interactivo/dialógico*: La docente reconsidera, en su discurso, varios puntos de vista, ya sea destacando similitudes y diferencias (interacción alta), o simplemente enumerándolos (interacción baja).
- *Interactivo/Autoritativo*: La docente suele conducir a los estudiantes a través de una secuencia de preguntas y respuestas, con el objetivo de llegar a un punto de vista específico y consolidarlo.
- *No interactivo/Autoritativo*: La docente presenta un sólo punto de vista específico.

Se observa que existe una tensión entre los enfoques *Dialógico* y *Autoritativo* y que las transiciones entre ambos son fundamentales para apoyar la construcción de significados en las clases de ciencias y el aprendizaje significativo (Scott et al., 2006). Por ejemplo, la docente puede fomentar el discurso *Dialógico* para sondear las ideas previas del alumnado, pero luego adoptar un enfoque *Autoritativo* para introducir el punto de vista científico, estimular nuevamente el discurso dialógico al animar al alumnado a explorar y aplicar el punto de vista científico y así, transitar entre enfoques comunicativos a lo largo de la secuencia didáctica.

A pesar de que los enfoques *Dialógico* y *Autoritativo* se presentan como opuestos, en la práctica su vínculo es dinámico. La tensión entre ambos se presenta durante la exploración dialógica de puntos de vista cotidianos y científicos, que requieren la resolución a través de la guía autorizada de la docente. Desde esta perspectiva, el proceso de enseñanza-aprendizaje implica cambios progresivos entre episodios dialógicos y autoritativos en los que uno puede dar lugar al otro, en función de los objetivos que la docente pretende alcanzara lo largo de una secuencia didáctica. Entonces, la tensión es dialéctica y no excluyente (Scott et al., 2006), y necesita atención particular en el marco de las interacciones.

### 2.2.3 La promoción de las interacciones en el aula

El rol del profesorado es crucial en la enseñanza dialógica debido a que, como ya se ha mencionado, puede mediar en el progreso de las ideas del alumnado. De hecho, el modo en el que las docentes utilizan el discurso en el aula impacta significativamente en la evaluación que el alumnado hace de sus propias ideas (Mercer, 2010). De esta forma, incorporar estrategias discursivas dialógicas en el quehacer docente puede resultar beneficioso para el aprendizaje de las y los estudiantes.

Aliberas et al. (2019) proponen un método orientado a regular el diálogo entre un maestro (entrevistador) y un alumno (entrevistado). A través de preguntas, el docente apunta a aclarar las ambigüedades percibidas en el modelo mental del alumnado, que evitan que lo reproduzca y ejecute correctamente en su mente. Dentro de los aspectos reguladores del entrevistador se encuentra la toma de decisiones sobre cómo llevar el diálogo, contribuir al diálogo mediante estrategias del lenguaje, ayudar en la gestión de experimentos y explorar las secuencias sociales del diálogo.

En este sentido, una investigación realizada por Tekkumru-Kisa et al. (2022) indica que aunque el profesorado en formación inicial aprenda a reconocer la importancia de prestar atención a las ideas del alumnado y aprender cómo hacerlo (Levin & Richards, 2011), siguen sin estar seguros de qué hacer con las ideas que obtuvieron del alumnado o cómo incorporarlas a su enseñanza (Larkin, 2012). Como consecuencia, el profesorado en formación inicial puede tener dificultades para involucrar al alumnado en oportunidades auténticas de dar sentido y, al mismo tiempo, hacer que todo el grupo clase avance hacia el desarrollo de ideas explicativas.

La gestión de la discusión y de las interacciones que habilitan la progresión de ideas es altamente demandante para el profesorado (Hennessy et al., 2016) y requieren experiencia para atender y dar sentido a lo que dice cada participante, capitalizar las ideas emergentes y hacerlas crecer, manteniendo claros los objetivos de la sesión y las ideas a desarrollar sin dejar de atender la diversidad de contribuciones. Aunque se espera que las maestras escuchen atentamente, interpreten y den sentido al pensamiento de los estudiantes, comparen ese pensamiento con las comprensiones disciplinarias y respondan rápidamente para hacer avanzar el pensamiento del alumnado hacia comprensiones más sofisticadas, este nivel de improvisación puede resultar desalentador (Aliberas et al., 2019; Stein et al., 2015).

Joglar et al. (2019) por medio de entrevistas a profesores y profesoras identifican una fuerte sensación de incertidumbre frente a las preguntas inesperadas del alumnado. En este estudio, asocian estas emociones a la visión tradicional del rol docente, que es considerado como detector y validador del saber.

Por lo mencionado, se releva la importancia de ofrecer en los programas de formación docente estrategias y diversos medios a través de los cuales las maestras en formación inicial puedan desarrollar y fortalecer prácticas dialógicas de enseñanza. De este modo, se pretende que integren tareas científicas cognitivamente exigentes, mediante la facilitación de conversaciones productivas y que aprovechen el pensamiento del alumnado (Pipitone et al.,

2017; Tekkumru-Kisa et al., 2022). Más aún, de acuerdo con las investigaciones de Alexander (2008) y Ruiz-Primo y Furtak (2007), proveer al profesorado de herramientas que le permitan estructurar su discurso en las clases de ciencias, podría implicar la adaptación de las maestras a las ideas cambiantes del alumnado, a través de un conjunto de estrategias para guiar su discurso en las distintas situaciones emergentes.

Uno de los puntos que debe desatacarse en torno al diálogo en el aula es también el tipo de preguntas que formula el profesorado. Dichas preguntas pueden tener distintos objetivos, aunque presentan un propósito común, que es la modificación de las propias ideas a través de la verbalización. Por ello, es necesario considerar que las preguntas deben cambiar a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de aprendizaje (Figura 2.6) con el objetivo de provocar la curiosidad del alumnado, promoviendo la activación y explicitación de sus conocimientos (Roca, 2005).



Figura 2.6. Las preguntas y el ciclo de aprendizaje (Roca, 2005)

En las prácticas de indagación centradas en los modelos, y particularmente en la formación inicial del profesorado, es crucial identificar cómo las preguntas planteadas facilitan o fomentan la construcción de las ideas clave de los modelos científico-escolares. Estas preguntas o enunciados pueden actuar como mediadoras al promover una dinámica de regulación y estimulación del proceso de modelización (Márquez et al., 2004). En otras palabras, la búsqueda de respuestas puede estimular y ayudar a replantear las observaciones realizadas, diseñar nuevos experimentos o iniciar una nueva búsqueda de información. Por lo tanto, se justifica la necesidad de que la formación inicial del profesorado reconozca las ideas clave como un objetivo didáctico fundamental para la formulación de preguntas.

Se ha observado que uno de los factores que incide en la formulación de preguntas más complejas es el dominio del contenido (Aguada Berteza et al., 2023). Más en detalle, los resultados mostraron que cuando se trabaja con un modelo sistémico, con entidades definidas y con propiedades que pueden identificarse con facilidad, las maestras en formación inicial pueden formular preguntas más complejas. Las autoras señalan que las maestras presentaron mayor dificultad en la identificación de las entidades cuando abordan modelos no sistémicos, como el caso del modelo de energía, por lo que proponen preguntas más simples y de baja demanda cognitiva. Esto también permitió observar una desconexión entre las ideas clave del modelo científico escolar y las preguntas formuladas por las maestras, lo que podría deberse tanto a un problema de lenguaje (preguntan sobre fenómenos del mundo, no sobre el modelo) o a un problema epistémico (desconexión de los fenómenos con el modelo).

De estas ideas, y de acuerdo con Joglar et al. (2019), comprender en profundidad el proceso de formulación de preguntas y su aplicación es una tarea compleja que requiere mayor atención en los distintos niveles educativos. El estudio y desarrollo de diversas estrategias de cuestionamiento en la interacción del aula deben ser considerados como componentes esenciales en el desarrollo profesional de los docentes. Esto es crucial para acelerar la transición de prácticas docentes centradas en el profesorado hacia enfoques que prioricen el diálogo educativo, la autonomía del alumnado y su participación activa en la construcción de significados compartidos en el aula de ciencias.

A pesar del incremento en los estudios centrados en el discurso docente en general y en el dirigido a promover la construcción de ideas y la modelización, Williams y Clement (2015) señalan que es necesario seguir investigando en la simplificación y/o reducción de las categorías que caracterizan el discurso docente, para fortalecer su uso en el aula, por parte del profesorado. Además, es fundamental continuar profundizando en la comprensión de estas estrategias y en cómo se utilizan para organizar los diálogos con el alumnado.

De esta manera, en este capítulo se ha presentado el marco teórico que cimenta las bases para las dimensiones de análisis construidas para esta investigación y que serán presentadas en el capítulo 3 de Metodología.

## Capítulo 3: Metodología

---

- 3.1 Contexto de la investigación
- 3.2 Caracterización del contexto de la muestra
- 3.3 Población
- 3.4 Categorización y análisis de datos

En este capítulo se presenta el marco metodológico y la metodología de esta investigación en la que se pretende analizar las prácticas dialógicas diseñadas e implementadas por maestras de primaria en formación inicial. Estas prácticas son implementadas con un grupo reducido de estudiantes, y desarrollan una idea clave del modelo corpuscular de la materia.

Como muchas investigaciones en Didáctica de las Ciencias Experimentales, esta es una investigación cualitativa, y está en el paradigma interpretativo, ya que busca comprender la realidad educativa a partir de las personas implicadas en el contexto (Arnal et al., 1992). Es decir, se busca identificar los factores que intervienen en el fenómeno y una explicación a la interacción entre éstos, para dar respuesta a la pregunta de investigación propuesta (Cohen & Manion, 2002). Así, se presenta el marco metodológico para después detallar el contexto de la investigación, la población de estudio y la muestra. Posteriormente se detalla el proceso de construcción del libro de códigos para luego presentar el libro definitivo, en el que se exponen las categorías utilizadas para cada una de las dimensiones de análisis. Finalmente, se presenta un apartado sobre la naturaleza de la investigación y los criterios que garantizan la calidad de la investigación.

### 3.1 Contexto de la investigación

Esta investigación se desarrolla en la asignatura obligatoria “Didáctica de la Materia, la Energía y la Interacción”, de 6 créditos ECTS, del segundo curso del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universitat de Barcelona. El alumnado asiste a las clases de esta asignatura dos días de la semana en sesiones de 2 horas que representan 110 minutos efectivos por sesión. Todas las sesiones se realizan en laboratorios. Esta es una de las dos asignaturas obligatorias científico-experimentales del grado, y tal y como su nombre indica aborda contenidos de Física y Química y su didáctica. La otra asignatura plantea los contenidos de Biología y Geología, y su didáctica.

El profesorado a cargo trabaja de manera simultánea la enseñanza y aprendizaje de los contenidos científicos y su didáctica, basándose en prácticas experimentales a partir de las cuales se fomentan prácticas dialógicas. Esto implica que, durante el proceso, se construyen los significados científicos y didácticos del contenido mediante una continua interacción dialógica. Se promueve el desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas fundamentales en las clases de ciencias como la descripción, la comparación, la clasificación, la explicación, la justificación y la argumentación. Además, se reflexiona sobre el contenido, las características y la importancia de la construcción del conocimiento a partir del diálogo, y sobre lo que se está aprendiendo como futuros docentes (Pipitone et al., 2017).

El contenido científico que se aborda en las sesiones de los bloques 2, 3 y 4 (Figura 3.1) se relacionan de manera directa con los propuestos en el currículum oficial de educación primaria, “Decret 119/2015-Departament d’Ensenyament-Generalitat de Catalunya”. En simultáneo, se trabajan diferentes contenidos didácticos tales como: naturaleza de la ciencia, metodología científica, prácticas dialógicas, modelos y modelización, ideas clave e ideas previas, prácticas científicas (modelización, argumentación, indagación) y los criterios para seleccionar o diseñar recursos de aprendizaje que sean adecuados al conocimiento y a las características del alumnado.

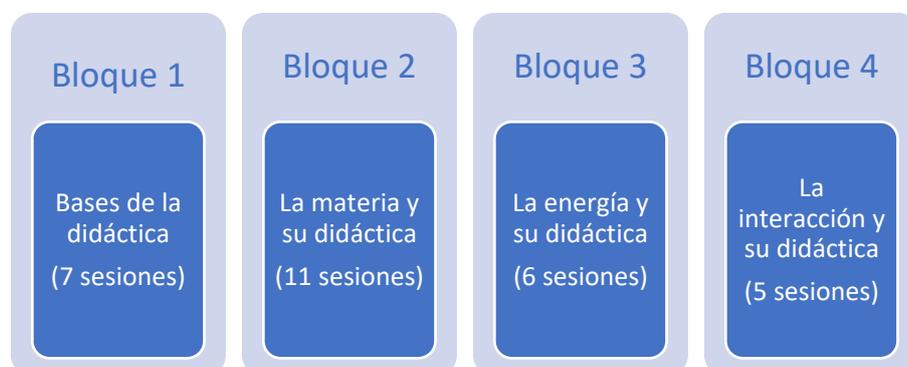


Figura 3.1: Estructura de la asignatura "Didáctica de la Materia, la Energía y la Interacción"

La asignatura se desarrolla en 29 sesiones presenciales de dos horas en las que se distribuyen los 4 bloques temáticos como se indica en la figura 3.1. Del total de 29 sesiones, en 21 de ellas se realizan prácticas de indagación modelizadoras (Pedaste et al., 2015) en el laboratorio, mientras que 8 son sesiones teóricas o de discusión sobre diferentes temáticas. Las prácticas de indagación se estructuran a partir de un problema o una situación real que requiere que las maestras en formación elaboren, fundamenten y registren una predicción de manera individual a partir de su modelo explicativo inicial. Luego, en pequeños grupos realizan experiencias asociadas al fenómeno en cuestión y finalmente, analizan y discuten los datos, acuerdan los resultados obtenidos y los comparan con las predicciones iniciales (Pipitone, 2020).

A partir del trabajo realizado, la docente orienta la discusión hasta que el grupo de clase consensua una explicación del fenómeno y se vinculan con las ideas clave del modelo científico escolar abordado. Esta estructura se corresponde con una de las propuestas de ciclo de indagación de Pedaste *et al.* (2015) que favorece procesos de metacognición y autorregulación. En las diferentes sesiones se construye y enriquece el modelo abordado en el bloque temático.

Las sesiones teóricas, de carácter magistral-dialógica, se realizan al finalizar cada uno de los bloques (Figura 3.1), y se plantean como una instancia de estructuración global y reflexión sobre las ideas científicas construidas y sobre los enfoques didácticos vividos como aprendices. En estas sesiones, las maestras en formación participan abierta y activamente lo que permite organizar y estructurar lo aprendido durante las sesiones prácticas desde el punto de vista del conocimiento científico escolar, y cómo se constituye el planteamiento didáctico de cada uno de los contenidos trabajados. Esto implica que la docente a cargo de la asignatura no sólo propone abordar el contenido científico específico de cada bloque, sino que además recupera el contenido didáctico, referenciando a las principales autoras de la didáctica de las ciencias experimentales de esta manera fundamenta teóricamente las propuestas de aula (Pipitone, 2020).

En una de estas sesiones, se propone trabajar sobre aspectos dialógicos, con especial énfasis en la identificación de los enfoques comunicativos propuestos por Mortimer y Scott (2002). Se analizan y reflexiona, junto a la docente formadora, distintas transcripciones de prácticas dialógicas de años anteriores para evidenciar la importancia de los cambios en dichos enfoques comunicativos, para promover la explicitación de los modelos iniciales y su complejización (Pipitone et al., 2016).

### 3.2 Caracterización del contexto de la muestra

La muestra de esta investigación son 8 (N=8) transcripciones de la práctica dialógica realizada por los grupos de maestras en formación en el contexto de una actividad de la asignatura. Esta actividad conforma una de las actividades de evaluación que consiste en diseñar e implementar una práctica dialógica con estudiantes de la escuela primaria que las maestras en formación inicial deben seleccionar (representa un 30% de la nota final de la asignatura). Este trabajo constituye la primera situación de enseñanza-aprendizaje que estas maestras diseñan, implementan y analizan durante el grado. Las prácticas realizadas hasta ese momento se limitan a la observación del aula sin tener la posibilidad de liderar las intervenciones de aula.

La finalidad del trabajo es que en grupos de 4 maestras en formación realicen una práctica dialógica con alumnado de educación primaria, fuera del contexto escolar. A través de la propuesta que deben diseñar se deben hacer explícitos los conocimientos previos de los infantes (modelo inicial), y conducir mediante el dialogo, a una aproximación a las ideas clave del Modelo Corpuscular de la Materia, ya trabajada en la asignatura. El grupo de maestras en formación escoge al alumnado con el que trabajarán, acostumbran a ser familiares o conocidos de ellas, por lo que son una muestra por conveniencia. Deben diseñar una sesión de entre 30 y 45 minutos en la que todas las maestras en formación del grupo participen. En la implementación de la práctica dialógica se registra el audio para posteriormente, transcribir con detalle todas las intervenciones de cada participante. El archivo de audio es anexo al informe final que las maestras deben presentar.

La docente a cargo de la asignatura asigna, a cada grupo de 4 maestras en formación, una idea clave del modelo corpuscular de la materia:

- 1. La materia está formada por partes;*
- 2. Las partículas ocupan espacio;*
- 3. Las partículas se mueven.*

Se selecciona este modelo, porque es el primero en ser abordado durante la asignatura. Por lo que, al momento de diseñar la práctica dialógica, las maestras ya han trabajado y familiarizado con estas ideas claves del modelo corpuscular de la materia.

Para este trabajo se propone a las maestras en formación inicial un proceso de cuatro fases: 1) diseño de la práctica y elaboración de informe; 2) tutoría; 3) implementación de la práctica dialógica; y 4) análisis y elaboración de la memoria (Figura 3.2). Las cuatro fases se detallan a continuación.

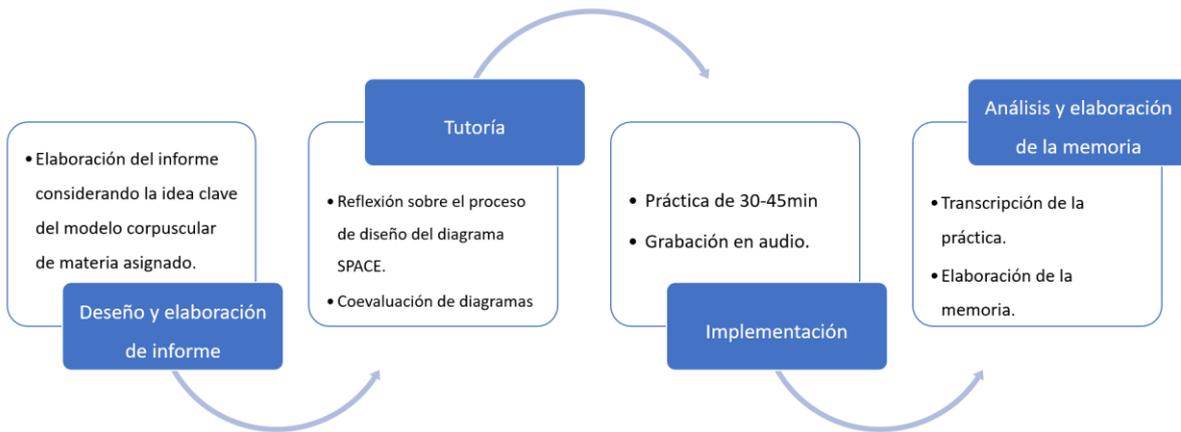


Figura 3.2. Fases propuestas para el desarrollo, implementación y análisis de las prácticas dialógicas.

### 3.2.1 Fase I: diseño de la práctica dialógica y elaboración de informe

La primera actividad que desarrollan las maestras en formaciones es la fase de diseño de la actividad, en la que elaboran un primer informe que se presenta y discute posteriormente en una tutoría (segunda fase). El informe debe incluir los siguientes apartados:

- a. **Información del grupo.** En este apartado se detallan los nombres de las maestras miembros del grupo y se menciona cuál fue el último año, en el que cada una cursó una asignatura científica.
- b. **Información sobre el trabajo.** En este apartado se incorpora el título provisional del trabajo y la idea clave asignada. Además, una breve descripción de aspectos curriculares a considerar, por ejemplo, que competencias y contenidos del diseño curricular de educación primaria se abordará con el trabajo dialógico diseñado.
- c. **Descripción del alumnado.** Especificación del número de niños y niñas con los que se implementará la práctica dialógica, detallando las principales características del grupo como, por ejemplo, curso académico, si presentan alguna necesidad específica de aprendizaje conocida y a través de qué medios se ha contactado con el alumnado.
- d. **Experiencias previas y concepciones alternativas.** En primera instancia, se incluye un listado de experiencias que el alumnado podría haber tenido con el tema a desarrollar. Estas servirán de guía para seleccionar preguntas a plantear, posibles experimentaciones, etc.

Además, se incorpora una síntesis de las ideas previas comunes relacionadas con la idea clave asignada. Estas se elaboran a partir de la bibliografía de referencia de la asignatura. Esta síntesis se debe elaborar considerando las características del grupo de niños con los que se trabajará y profundizará en los conocimientos previos que se pretenden hacer explícitos durante la implementación de la práctica dialógica.

- e. *Borrador de la intervención*. En este apartado se centran en dos aspectos: las experiencias previstas para trabajar las concepciones alternativas y la previsión del diálogo. Para abordar el primer aspecto, se propone un listado de las actividades que se pretenden realizar para que emerjan las ideas previas del alumnado y las que realizarán para aproximarse al modelo científico escolar. Además, deben incorporar las referencias de las propuestas y una breve descripción de las modificaciones que se podrían realizar para trasponer al nivel de sus alumnos, si es que se realizan. Para el segundo aspecto, se proponen las posibles preguntas a realizar al alumnado durante el desarrollo de las actividades propuestas y, además, anticipar sus posibles respuestas considerando las ideas previas. Se pueden añadir otras previsiones de respuestas.
- f. *Diagrama SPACE*. A partir del trabajo realizado en los puntos anteriores, se elabora un diagrama dinámico basado en los utilizados en el proyecto *Science Processes And Concept Exploration* (SPACE) (Nuffield Foundation, 1985). Este diagrama, pretende orientar a las maestras a promover un ritmo en el discurso durante la intervención. A su vez, ayuda a organizar previamente la práctica dialógica, planteando los diferentes escenarios posibles. Para ello los diagramas integran, tres niveles de acción: a) la pregunta inicial y/o preguntas principales; b) las posibles respuestas del alumnado, en las que se consideran las ideas previas identificadas en la bibliografía y, c) una posible intervención de las maestras sea comentando, interpelando, realizando una nueva pregunta, proponiendo un nuevo experimento, etc., para conseguir aproximarse hacia una idea científica más compleja. Estos diagramas no pretenden mostrar una secuenciación jerárquica, sino posibles caminos a las preguntas, además de ser una propuesta de cómo se podrían conectar las diferentes preguntas o respuestas relacionadas con la actividad. El objetivo de ayudar al profesorado novel a organizar cada aspecto clave de la intervención.

### 3.2.2 Fase II: Tutoría

Una vez elaborado el informe presentado en el apartado anterior, las maestras en formación asisten a una tutoría obligatoria que forma parte de la actividad de evaluación. Comparten la tutoría con los grupos que trabajan la misma idea clave, y se propone como un espacio de reflexión sobre las posibles dificultades que pueden surgir durante la implementación de la práctica dialógica.

Esta tutoría se estructuró en tres momentos. En el primero, se propuso un espacio de reflexión sobre las principales limitaciones a la hora de realizar el diagrama SPACE y una discusión sobre las ideas clave del modelo de corpuscular de la materia, con especial atención en la idea clave asignada para desarrollar la práctica dialógica.

En un segundo momento, se propone la coevaluación de los diagramas. Para ello, inicialmente los grupos intercambian sus diagramas para analizarlos considerando las siguientes preguntas de orientación:

- ¿Sobre qué *preconcepción* se decide trabajar? ¿Con qué idea clave del modelo se relaciona?
- ¿La idea clave del modelo es correcta?
- La experimentación que proponen, ¿genera evidencias para desarrollar la idea clave del modelo asignado?
- ¿Qué tipos de preguntas se formulan?, ¿Estas preguntas ayudan a hacer foco en la idea clave que buscamos desarrollar?

Finalmente, en un tercer momento se propone realizar una puesta en común del análisis y propuestas de mejora.

Durante estas sesiones y se recolectaron los diagramas iniciales presentados durante la sesión. El análisis del diagrama inicial, la reelaboración y la reflexión sobre cuáles son los motivos del cambio, son presentados en la memoria final sobre las prácticas dialógicas (Fase IV). Para ello se considera qué aspectos han promovido la modificación del diagrama y qué aspectos de los otros diagramas compartidos o de los comentarios recibidos propician repensar el diagrama inicial.

### 3.2.3 Fase III: implementación de la práctica dialógica.

Durante esta fase, cada grupo implementa la propuesta resultante de la tutoría, incorporando los cambios sugeridos, etc. en el momento y lugar acordado con el grupo de niños y niñas.

### 3.2.4 Fase IV: análisis y elaboración de la memoria

Durante la cuarta y última fase, los grupos de maestras elaboran la memoria que constituye el documento final de evaluación. Esta memoria se presenta como un informe que se desarrolla en aproximadamente 15 páginas y con la siguiente estructura (Guion de elaboración de la asignatura):

- a. *Índice.*
- b. *Presentación del alumnado* se incluye si en la escuela ya habían trabajado o no el tema abordado y algunas características que destacaran de ellos a nivel de comunicación y habilidades de aprendizaje.
- c. *Síntesis de la información sobre ideas previas* construida a partir del material brindado por el profesorado formador, y sobre la idea clave abordada.
- d. *Síntesis del contenido científico* que se abordó con la práctica dialógica.
- e. *Presentación justificada de la actividad o actividades y de los recursos* se prepararon para la práctica dialógica.

- f. *Diagrama dinámico (SPACE) previo* a la implementación de la práctica.
- g. *Descripción de desarrollo de la actividad y valoración* de los aspectos que se consideren más relevantes.
- h. *Análisis e informe de los resultados*. En esta sección se analiza la transcripción la sesión, buscando e identificando el conocimiento previo y las posibles transformaciones de conocimiento que se hayan producido. Este análisis se presenta de forma sintética para lo cual se recomienda numerar las líneas de la transcripción para así poder referirse al hacer el análisis. Además, se identifica el tipo de patrón discursivo predominante en las diferentes etapas de la práctica dialógica (Mortimer & Scott, 2002). Así mismo, se identifican y clasifican las preguntas que surgen, según la clasificación trabajada en clase con la docente a cargo de la asignatura (García & Furman, 2014).
- i. *Propuestas justificadas de mejora y Diagrama dinámico (SPACE) post-actividad*. En este apartado se presentan las propuestas de mejora para la práctica dialógica implementada. Cada propuesta debe hacer referencia a la transcripción y ser presentada en forma de esquema mejorado del diagrama SPACE inicial. El diagrama incluye la idea clave del modelo científico escolar trabajado y una justificación de la propuesta mejorada a partir de las bases didácticas presentadas durante el desarrollo de la asignatura. Contrastar el diagrama inicial con el de la propuesta de mejora constituye una herramienta de meta-reflexión a partir de la práctica (Pipitone et al., 2016).
- j. *Valoración individual*. Finalmente se presenta una valoración individual que incluye una autoevaluación del grupo en cuanto a cómo se ha desarrollado la actividad. Además, una reflexión sobre el desarrollo de la práctica y sobre el valor de esta para la formación profesional. En otras palabras, se presenta una evaluación crítica individual del desarrollo de la actividad, indicando aquellos aspectos de la intervención que no han sido lo suficientemente coherentes con todo lo trabajado en las clases de la asignatura y cómo podrían mejorarse. En esta reflexión se contemplan aspectos didácticos y conceptuales relacionados al contenido científico trabajado.
- k. *Bibliografía*. Se incorporan las referencias y fuentes de información citadas considerando la séptima edición de las normas APA.
- l. *Anexos*. Se incluye la transcripción literal de todas las intervenciones realizadas durante la práctica (identificando quién interviene en cada momento) y las acciones relevantes para el desarrollo de la actividad (los silencios, acciones destacables, acciones de comunicación no verbal, etc.). También incluyen el archivo de audio de la implementación de la práctica dialógica.

### 3.3 Población

En este estudio participaron 29 estudiantes matriculados en la asignatura *Didáctica de la Materia, de la Energía y de la Interacción*, durante el período 2021-2022, que se corresponden a un grupo clase de la asignatura. La mayoría de las participantes eran mujeres (68,7%), con edades comprendidas entre 19 y 25 años (93%). Esta es una población seleccionada por conveniencia (n=29) ya que pertenecían al grupo en el que impartía clases una de las directoras de esta tesis.

El perfil de las maestras en formación inicial participante se caracteriza por una formación previa en ciencias sociales (69,77%) siendo la última asignatura de ciencias realizada durante la educación secundaria obligatoria (ESO) (59,30%). Estos valores son coherentes con los de la población típica del alumnado del grado de educación primaria matriculados en esta universidad (*Estadístiques Universitat de Barcelona, s.f.*).

Se invitó a las maestras en formación inicial a participar en el estudio en la primera semana de clase, donde se explicó brevemente el propósito de la investigación y se les garantizó la participación anónima y voluntaria, teniendo libertad de retirarse en cualquier momento. Posteriormente, completaron formularios brindando su consentimiento para participar.

En la Tabla 3.1 se describe el detalle de los grupos de maestras, autoorganizados, en función de la idea clave que trabajada. También se indica el número de niños y niña participantes, así como la duración de la sesión de la práctica dialógica. Las prácticas dialógicas tuvieron una duración de entre aproximadamente 19 minutos la más breve, y 43 minutos de duración la más extensa.

Tabla 3.1: Distribución de ideas clave por grupo, número de participantes involucrados y duración de las sesiones.

Idea clave del modelo corpuscular de la materia	Grupo	Nº de maestras	Nº de niñas y niños	Duración de la sesión (min)
<b>A- La materia está formada por partes</b>	Grupo 4 (G4)	4	3	18:38
	Grupo 6 (G6)	3	2	25:06
	Grupo 7 (G7)	3	4	31:54
<b>B- Las partículas ocupan espacio</b>	Grupo 1 (G1)	4	4	27:21
	Grupo 3 (G3)	4	4	32:15
	Grupo 2 (G2)	4	3	25:01
<b>C- Las partículas se mueven</b>	Grupo 5 (G5)	4	4	43:00
	Grupo 8 (G8)	3	4	25:34

## 3.4 Categorización y análisis de datos

### 3.4.1 Construcción del libro de códigos

Para la construcción del libro de códigos, se han utilizado categorías que emergen de los datos, así como otras desarrolladas en otras investigaciones, tal como se presentará a continuación.

El proceso de construcción del libro de códigos y codificación consistió en comparaciones constantes e iterativas inter e intra- transcripciones que, junto al muestreo teórico, permitieron definir las dimensiones de análisis, refinar las categorías y subcategorías del libro definitivo y establecer los criterios de análisis. Más específicamente, el proceso se basó en los pasos propuestos por Boeije (2002) para el método de comparación constante, que son sintetizados en la Tabla 3.2, y que consistió en:

- Comparación dentro de una transcripción.
- Comparación entre transcripciones de prácticas dialógicas con la misma idea clave del modelo corpuscular de la materia.
- Comparación entre transcripciones de prácticas dialógicas que abordan distintas ideas clave del modelo.

Tabla 3.2: Procedimiento del análisis comparativo constante basado en Boeije (2002)

Tipo de comparación	Actividades de análisis	Objetivos	Preguntas	Resultados/productos	
<b>Comparación intra-transcripción</b>	Comparación dentro de una transcripción	Codificación abierta; resumen del núcleo de la transcripción; encontrar un consenso en la identificación de los episodios, codificación inicial de los tres niveles de las unidades de análisis identificadas.	Desarrollar la comprensión de las <b>categorías</b> y definir las unidades de análisis.	¿Qué características tiene la práctica dialógica? ¿Qué características tienen en común los fragmentos con el mismo código? ¿cómo se relacionan dichos fragmentos? ¿Es apropiada la propuesta para abordar la idea clave del modelo corpuscular de la materia asignada? ¿Qué recursos se utilizan? ¿Es clara la ruta que proponen las maestras en formación? ¿Hay expresiones contradictorias? ¿Qué características tienen las intervenciones de las maestras?	Resumen de la práctica dialógica presentada en la transcripción; Códigos provisionales (libro de códigos), notas, Redefinición de las unidades de análisis (Micro: turnos de habla; Meso: episodio y Macro: práctica dialógica)
<b>Comparación entre grupos que abordan la misma idea clave</b>	Comparación dentro de las transcripciones de los grupos que abordaron la misma idea clave del modelo	Codificación axial; formular criterios para comparar las prácticas; plantear propuestas para cruzar categorizaciones; plantear hipótesis sobre patrones y tipos.	Conceptualizar los <b>criterios</b> de análisis y describir cómo coocurren las diferentes categorías y códigos para producir tipologías o patrones. Refinar la descripción de las categorías analizadas bajo los criterios y ejemplificarlas.	¿Se está hablando de lo mismo en un grupo que en otro? ¿Qué coocurrencia de categorías se dan? ¿Qué relaciones existen en la literatura para esto? ¿Cuáles son las similitudes y diferencias entre los grupos que abordaron la misma idea clave? ¿Qué criterios subyacen a esta comparación?	Expansión de palabras clave hasta que todos los temas relevantes están cubiertos; elaboración de los primeros libros de códigos. Criterios para comparar las transcripciones
<b>Comparación entre todos los grupos</b>	Comparación entre todas las transcripciones	Triangulación de datos llevada a cabo por las tres investigadoras implicadas en esta investigación. Selección de los criterios de codificación; resumir las relaciones entre categorías; llegar a un consenso sobre la interpretación	Describir las dimensiones de análisis y los criterios que comprenden para situar el cruce de categorías. Conceptualizar los perfiles o patrones identificados.	¿Cómo abordan ciertos conceptos los diferentes grupos? ¿Qué temas aparece en un grupo que no aparece en otro? ¿Por qué se realizan las prácticas de manera similar o diferente? ¿Qué matices, detalles o nueva información aporta un grupo sobre el otro?	Verificación y profundización de las categorizaciones realizadas en los grupos; redefinición y ampliación de la red sistémica; creación de nuevas notas.

Para construir el libro de códigos y codificar las transcripciones, inicialmente se seleccionaron las transcripciones de los grupos que trabajaron la idea clave *Las partículas se mueven* (C) por ser las de mayor duración (Tabla 3.1). En una primera lectura, siguiendo la propuesta de Scott y colaboradores (2006), se buscaron los objetivos didácticos a lo largo de la sesión. Así se comprobó que había momentos que tenían por objetivo que los niños y las niñas observaran, predijeran, o explicaran algún fenómeno. Dos de los objetivos didácticos se relacionaron a la gestión del aula, para dar inicio y cierre a la sesión. Mientras que otros cuatro objetivos didácticos se vincularon más específicamente con el contenido a desarrollar, como el objetivo de introducción a modelo, predicciones, observaciones y explicaciones.

La codificación del objetivo didáctico “introducción al modelo” requirió mayor discusión, porque dadas sus características, se podía considerar como una explicación. Luego de sucesivas discusiones entre las investigadoras de este trabajo, se los codificó como introducción al modelo, al considerar que siempre se hicieron a partir de los modelos iniciales del alumnado, y con el objetivo de introducir entidades o reglas del modelo que luego, se utilizan para explicar lo observado durante la experimentación.

Una vez codificados los objetivos didácticos identificados en las transcripciones de los grupos que abordaron la idea clave C (Tabla 3.1), se procedió a codificar los grupos restantes observándose que no era necesario introducir un objetivo didáctico diferente.

La identificación de los objetivos didácticos permitió, a su vez, determinar las unidades de análisis en las que se establecieron tres niveles distintos, siguiendo la propuesta de Hennessy y colaboradores (2016) (Figura 3.3). Estas investigadoras consideran que la forma en la que se emplean los niveles de análisis depende de los objetivos específicos de cada equipo de investigación. Así, cada transcripción completa, de cada práctica dialógica, se corresponde con el primer nivel de análisis, *el nivel macro*. Este nivel representa el contexto general en el que se produce la interacción.

Este *nivel macro*, está dividido en *episodios*, que representan el segundo nivel, o *nivel meso*. Los episodios están interrelacionados y se caracterizan por tener un objetivo didáctico particular que determinan los diferentes momentos durante la implementación de la práctica dialógica. El *nivel meso* se define como una serie de turnos de habla en la conversación donde las participantes, el propósito, la tarea, la orientación y/o el tema permanecen constantes (Hennessy et al., 2016; Rojas-Drummond et al., 2006; Scott et al., 2006). Esto implica que, para identificar y diferenciar un *episodio* de otro, es importante reconocer que cada uno de ellos aborda un propósito de enseñanza específico y que, además, se desarrolla con un enfoque comunicativo particular o un conjunto relacionado de enfoques comunicativos y patrones subyacentes de interacción (Scott et al., 2006).

Así, el límite entre los episodios se evidencia en el cambio en el propósito de la enseñanza, y la unidad de análisis se define como una secuencia de enunciados vinculados a dicho propósito.

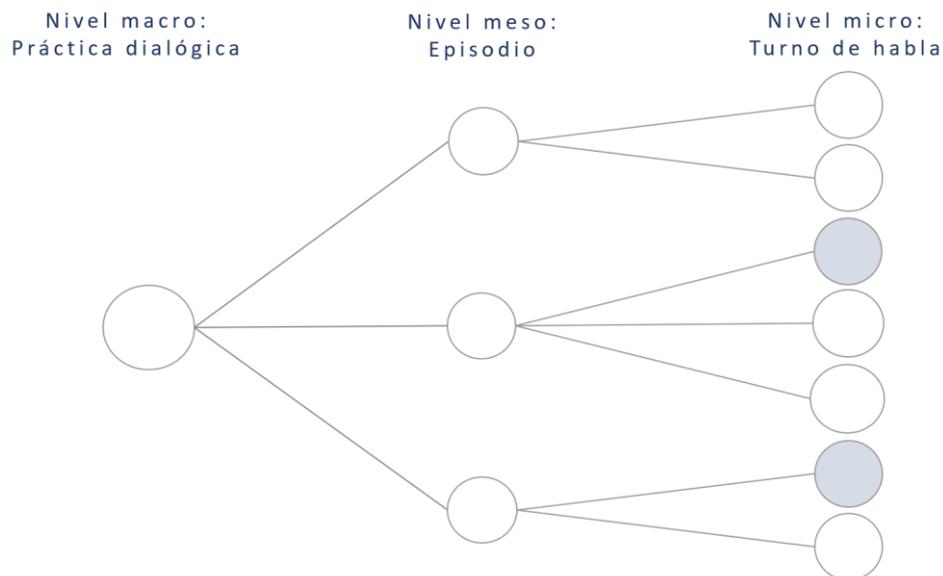


Figura 3.3: Niveles de análisis jerárquico adaptado a partir de Hennessy et al (2016). En gris se presentan los enunciados de transición identificados para poder determinar los límites entre episodios.

Además, cada *episodio* está conformado por *turnos de habla* de maestras en formación o estudiantes que corresponden al tercer nivel de análisis o *nivel micro* (Hennessy et al., 2016; Scott et al., 2006). El *nivel micro* es un acto comunicativo conformado por cada *turno de habla* emitido por las y los interlocutores (Hennessy et al, 2016). Las investigaciones actuales en el análisis del discurso se han inspirado en la teoría dialógica de Bajtín (1981) quien argumentó que cada *turno de habla* producido por cada hablante es la unidad básica de análisis de las prácticas comunicativas y representa un eslabón que une cadenas de interacciones dialógicas. Cada acto comunicativo implica la interacción de al menos dos voces: la de hablantes y la de oyentes, y se emite considerando los *turnos de habla* anteriores y anticipando los posibles futuros. Cada uno se construye, además, como una respuesta a otros dentro de una secuencia dialógica (Fernández, 2014).

En este estudio, se analizan los *turnos de habla* de las maestras en formación inicial, pero a su vez, se considera que cada uno forma parte de un proceso dinámico en el que la secuencia temporal de las intervenciones es crucial y tomada en cuenta a la hora de realizar la codificación. En otras palabras, aunque los enunciados docentes representan una unidad de análisis (micro) en este estudio, los enunciados del alumnado sirven de contexto para interpretar y codificar los enunciados de las maestras en formación inicial.

Para definir con mayor precisión el límite entre cada episodio, se observó que cada uno de estos se caracterizaba por uno o dos enunciados docentes consecutivos, que anticipan las acciones a desarrollar en el episodio. A estos enunciados se los denominó *enunciados de transición* y se categorizaron en función del límite entre en objetivo anterior y el posterior. En la Figura 3.3 se destacan en color gris los enunciados de transición.

Se decidió, también, analizar qué recursos (modelos físicos, analogías, etc.) usaban las maestras en formación a lo largo de la sesión. Estas se categorizaron considerando las categorías propuestas por Oliva (2021) adaptándolas a nuestros datos. Así, por ejemplo, las categorías *Representaciones gráficas* y la de *Experimentación* amplían la propuesta del autor debido a que las maestras las consideran estos recursos para construir la idea clave asignada del modelo. No se consideran las *metáforas* o las *simulaciones digitales* de la propuesta de Oliva (2021), ya que no fueron empleados en las prácticas dialógicas analizadas. Se amplía la categoría que el autor propone como *Experimentos mentales* para incluir las propuestas en las que se pide imaginar situaciones particulares, para que el alumnado exprese las representaciones mentales que poseen, en este caso sobre el modelo corpuscular de la materia. Es así como el nombre se modificó a *Representaciones mentales*.

Al indagar sobre los recursos que las maestras utilizaron se observó que algunos eran los empleados en clase por la docente formadora a cargo de la asignatura, y que las maestras en formación habían vivenciado como estudiantes. Esto provocó la necesidad de clasificar los recursos según su origen, si eran tomados de clase, propios o de otras fuentes, para así analizar la posible relación entre el nivel de desarrollo de la idea clave y el origen de los recursos.

Para analizar el enfoque comunicativo se tomaron los turnos de habla de las maestras y se los categorizó considerando las familias de códigos y subcódigos propuestas por Vergara Sandoval (2022): Solicitar, Aportar, Recuperar y Reconocer ya que permitieron categorizar los enunciados docentes según el tipo de acciones esperadas por parte del alumnado, es decir, permitió agrupar los enunciados docentes según las acciones que fomenta en el alumnado.

Se observó que algunos turnos de habla presentaban entre 2 o 3 funciones dada su extensión, esto implica que, en algunos casos, los turnos de habla de las maestras incluyeron 1 o más enunciados que fueron subcategorizados. Durante la subcategorización se realizaron adaptaciones a las propuestas de Vergara Sandoval (2022) que se ajustan al contexto en el que se desarrollaron estas prácticas. Por ejemplo, se modificaron algunas de ellas considerando las habilidades cognitivo-lingüísticas que se promueven en el enunciado (Jorba et al., 2000). Así, por ejemplo, a partir de la discusión de la categoría que el autor propone como *Solicitar una Descripción Interpretativa* se

describió la categoría *Solicitar una Justificación* y se redefinió la categoría *Solicitar Explicación*. Las categorías definitivas se presentan en el libro de códigos.

Por otra parte, se incorporaron subcategorías, que emergen de los datos, como *Solicitar un dato o Concepto*, que agrupa enunciados en los que las maestras solicitan un dato o definición específica, o *Solicitar una representación mental*, que agrupa los enunciados que proponen al alumnado exponer y/o representar sus modelos mentales sobre algún fenómeno.

Para caracterizar cómo las maestras proponen la construcción de las ideas clave del modelo corpuscular de la materia, primero se analizó a *nivel meso* (episodios) para identificar a qué nivel de organización de la materia llegaba y cómo se introducían las entidades y reglas de modelo (Ogborn et al., 1996; Thagard, 1990). Al avanzar en el análisis se determinó que el *nivel meso* de análisis dejaba fuera algunos matices relevantes para el estudio. Es decir, que la escala de análisis *Meso* no permitía visibilizar en detalle qué aspectos del modelo se abordan en cada momento del episodio. Para ello, se decide codificar cada uno de los turnos de habla de las maestras en formación inicial (*nivel micro*), con una categorización que emerge de los datos considerando dos grandes criterios, el primero es la escala a la que se hace referencia al abordar el modelo corpuscular. El segundo, pretende identificar si los enunciados de las maestras se enfocan en la descripción del recurso, en el fenómeno o en el modelo corpuscular de la materia.

Más en detalle, en relación con los enunciados analizados, se observó, que en algunos de ellos no es clara la *escala* del modelo científico escolar (*Escala Macro, Escala Micro* de la materia) a la que se está haciendo referencia, por lo que se estableció una categoría llamada *Escala Indefinida*. Esta categoría fue diferente de la llamada *Escala Mixta* con la que se codificó aquellos enunciados en los que las maestras se refieren tanto a la *Escala Macro* como a la *Escala Micro* en simultáneo, para poder vincular al fenómeno, con la idea del modelo.

Además de la escala de la modelo identificada en cada uno de los enunciados, con objetivo de caracterizar con mayor precisión el abordaje de las ideas claves del modelo, se inició la codificación de cada uno de los enunciados con una categoría provisional que sintetizó el tema científico en el que se enfoca, por ejemplo, el color de la mezcla de tinta y agua, la velocidad en la que se mezclan, si se refieren a partículas o al movimiento de estas. Así, se identificó que existen enunciados que hacen referencia a diferentes características del *Fenómeno*, en otros enunciados el foco está en el *Recurso*, ya sea para presentar analogías o para realizar una experimentación, mientras que, en otros enunciados, se centran en presentar entidades o reglas del modelo corpuscular de la materia. Así, al analizar dónde está el foco de cada enunciado, se establecieron las categorías *Recurso, Fenómeno y Modelo*.

Además, se identificaron algunos enunciados que sirven de “puente” entre los recursos y el modelo o el fenómeno y el modelo, por ejemplo, cuando se presenta una analogía hay un enunciado que ayuda a conectar los elementos y dinámicas de la analogía con las reglas y entidades del modelo. Así, en estos enunciados se observa cómo las maestras hacen explícita la interpretación del recurso, en este ejemplo la analogía, y la clave para interpretar el fenómeno observado desde las ideas clave del modelo.

### 3.4.2 Libro de códigos

En este apartado se presenta el libro de códigos en función de las categorías y subcategorías relacionadas con las 3 dimensiones analizadas (Didáctica, Dialógica y Científica). Para cada categoría, subcategoría se presenta su definición, justificación y ejemplificación, así como la unidad de análisis que se codifica (Enunciado, que se correspondería al nivel Micro o Episodio que representa el nivel Meso).

#### a. Dimensión Didáctica

Dentro de este apartado se presentan las categorías que permiten realizar el análisis de la dimensión Didáctica, atendiendo en primera instancia, a la estructura que las maestras en formación proponen mediante la identificación de los objetivos didácticos de los episodios (Nivel meso). En segunda instancia se analizan los recursos que emplean (Nivel meso).

#### **Enunciados de transición (Nivel Micro)**

La identificación de los enunciados de transición (ET) permite reconocer el límite entre los diferentes episodios de la práctica dialógica. Estos códigos han sido definidos a partir de los datos, y permiten delimitar los episodios. Es por lo que no se consideran resultados en sí mismos, sino que son la herramienta para definir la unidad de análisis a Nivel meso.

Estos enunciados de transición se categorizan y codifican en función del objetivo del episodio que termina y lo precede, y del objetivo del episodio que inicial. Por ejemplo, los enunciados de transición “ET. O-P” determinan la transición de un episodio en el que se realiza una observación a otro en el que se realiza una predicción. En la Tabla 3.3 se presenta la categorización de los 11 tipos de ET identificados, los códigos asignados y la correspondiente ejemplificación. A partir de esta codificación, se calculó la frecuencia de cada uno.

Por ejemplo, en el G2, en el enunciado 59, una maestra en formación inicial (PF106) propone realizar una predicción a partir de la presentación de una experimentación:

*“G2. 59\_PFI06: [...] Doncs ara el que farem, això és aigua, i aquesta aigua està a temperatura ambient, i el que farem serà ficar una mica d'aigua en aquesta proveta. Ara prosseguirem ficant tinta, però... abans de tot, què creieu què passarà quan fiquem la tinta?”*

Tal como muestra el ejemplo anterior, estos enunciados determinan la transición entre dos actividades o momentos que se desarrollan durante la sesión y por ello se codifican como *“enunciados de transición”*. A través de estos enunciados las maestras en formación anticipan la actividad siguiente en la es posible identificar su propósito.

Tabla 3.3: Categorización de los enunciados de transición (ET)

CATEGORÍA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA CATEGORÍA	EJEMPLO
<b>Enunciado de transición. De la introducción de la sesión a la introducción al modelo</b>	ET. 0-IM	Intervención docente que establece el límite entre la introducción a la sesión y la introducción al modelo	G5. 37_ PFI20: <i>L'experiment consistirà en que tindrem dos pots amb aigua, un amb aigua freda i un amb aigua calenta, i posarem una gota de tinta dins cada un i haurem de veure el que passa. Abans de res, crec que necessitarem unes ulleres molt potents que poden veure molt profundament que està passant dins la ciència, dins el que està passant dins el pont. Vull que us les poseu i haurem de dibuixar com pensem que és l'aigua per dins, la tinta i la barreja de tinta i aigua.</i>
<b>Enunciado de transición. De la introducción de la sesión a la observación</b>	ET. 0-O	Intervención docente que establece el límite entre la introducción a la sesión y la observación	G3. 2_ PFI12: <i>Primer cal dir que ho farem dues vegades, perquè té dues parts. Primer ho fem aquí - senyalant el primer got - posarem aigua... (posa aigua). Val, primera pregunta, molt fàcil, que hi ha al got?</i>
<b>Enunciado de transición. De la introducción a la sesión a la predicción</b>	ET.0-P	Intervención docente que establece el límite entre la introducción a la sesión y la predicción	G6. 4_ PFI22: <i>Lo que vamos a hacer será: vamos a verter un poco de agua en el porexpan, que creéis que pasará cuando tiremos el agua</i>
<b>Enunciado de transición. De la observación a la predicción</b>	ET. O-P	Intervención docente que establece el límite entre la observación y la predicción	G1. 89_ PFI02: <i>Entonces, lo voy a coger y voy a meter la pelota (de papel), aquí, hasta el fondo y, vamos a sumergir de manera horizontal, así (vaso inclinado horizontalmente). Entonces, ¿creéis que entrará agua en el vaso? Y, entonces, ¿el papel se va a mojar? ¿Sí o no?</i>
<b>Enunciado de transición. De la introducción al modelo a la observación</b>	ET.IM-O	Intervención docente que establece el límite entre la introducción al modelo y la observación	G4. 94_ PFI16: <i>vale, aleshores, que es el que passa quan apretem aquestes xeringues? Per exemple amb el sòlid, quan apretem hi haurà alguna diferència? Pots sortir aquet guix si ho apretem?</i>
<b>Enunciado de transición. De la introducción al modelo a la predicción</b>	ET.IM-P	Intervención docente que establece el límite entre la introducción al modelo y la predicción	G2. 59_ PFI06: <i>Juntes... val. Doncs ara el que farem, això és aigua, i aquesta aigua està a temperatura ambient i el que farem serà ficar una mica d'aigua en aquesta proveta. Vale ara prosseguirem ficant tinta, però... abans de tot, què creieu què passarà quan fiquem la tinta?</i>
<b>Enunciado de transición. De la explicación a la predicción</b>	ET .E-P	Intervención docente que establece el límite entre la explicación y la predicción	G2. 132_ PFI08: <i>Val, pues ara farem el mateix, però amb aigua calenta. Què creieu que passarà, és barrejarà més ràpid, més lent, passarà el mateix?</i>
<b>Enunciado de transición. De la explicación a la observación</b>	ET. E-O	Intervención docente que establece el límite entre la explicación y la observación	G7. 307_ PFI26: <i>ara, algú de vosaltres bufarà. Un altra tirarà la tinta a aquest aire que noti.</i>
<b>Enunciado de transición. De la predicción a la observación</b>	ET. P-O	Intervención docente que establece el límite entre la predicción y la observación	G2. 74_ PFI06: <i>Val, doncs ara posem una goteta, molt petita, molt petita... I fixe-u-vos bé en què passa. A veure si cau... Fixeu-vos bé en què passa.</i>
<b>Enunciado de transición. De la observación a la explicación</b>	ET. O-E	Intervención docente que establece el límite entre la observación y la explicación	G3. 40_ PFI12: <i>Vale, ara veiem que està tot junt, que s'està ajuntant, però encara veiem que hi ha coses... que podem dir que hi ha X de la tinta que encara estan soltes per allà. Com ho podem dir? Com em podeu dir que hi ha coses de la tinta que no s'ajunten? (Es fa silenci). Per exemple, quan tenim un trencaclosques, què és el que ajuntem?</i>
<b>Enunciado de transición. De la explicación al cierre</b>	ET. E-C	Intervención docente que establece el límite entre la explicación y el cierre	G2.257_ Raquel: <i>I ara per acabar, torno a preguntar: us agrada la ciència? Us agrada aquesta ciència que hem fet avui?</i>

**Objetivo didáctico (Nivel Meso)**

Para clasificar los episodios (Nivel meso) se inició analizando el objetivo didáctico que estos episodios presentan (Tabla 3.4). Así, se identificaron categorías emergentes y además incorporan las categorías POE: Predicción, Observación y Explicación (White, 1988).

*Tabla 3.4. Categorización de los objetivos didácticos de los episodios.*

CRITERIO	CATEGORÍA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA CATEGORÍA
<b>OBJETIVO DIDÁCTICO</b>	Inicio de la sesión	<b>O</b>	Secuencia de enunciados dedicados a presentar a cada participante y los objetivos de la actividad
	Introducción al modelo	<b>IM</b>	Secuencia de enunciados entre docentes y estudiantes en la que se discuten o presentan diferentes aspectos del modelo científico escolar (entidades y reglas) a partir de diferentes estrategias y considerando los modelos iniciales del alumnado.
	Predicción	<b>P</b>	Se considera como “predicción” a una secuencia de enunciados entre docentes y estudiantes en los que se realizan una posible explicación de lo que piensan que sucederá a partir del experimento o pregunta planteada.
	Observación	<b>O</b>	Se considera como un episodio de observación a la secuencia de enunciados entre maestras y estudiantes en la que se realiza una observación ya sea de una experiencia demostrativa o la propia manipulación y su descripción.
	Explicación	<b>E</b>	Se considera que el episodio es una explicación si en el mismo se construye una interpretación de lo observado.
	Cierre de la sesión	<b>C</b>	Secuencia de enunciados dedicados a despedir al alumnado o preguntar por las sensaciones percibidas durante la sesión.

**Recursos (Nivel Meso)**

En relación con las estrategias o recursos que utiliza el profesorado en formación inicial para la construcción de la una idea clave de la materia, se toma como referencia la dimensión instrumental de la modelización propuesta por Oliva (2021). Así se pretende categorizar los recursos que contribuyen al proceso de andamiaje durante el proceso de enseñanza aprendizaje. Para ello, la unidad de análisis son los episodios (Nivel meso).

Se utilizan las categorías propuestas por Oliva (2021), quien identificó y describió los recursos que favorecen la modelización, presentes en la literatura. En el libro de códigos solo se han incorporado aquellos identificados en las transcripciones como, por ejemplo, el uso de analogías o personificaciones. Por otra parte, se decide incorporar la experimentación como un recurso, como, por ejemplo, proponer mezclar tinta en agua caliente o fría, etc. (Tabla 3.5).

Además, se consideró de interés contemplar el origen de los recursos utilizados durante la práctica dialógica. Así, las categorías establecidas son “*Tomado de clase*” y “*Propio*” (Tabla 3.5).

Tabla 3.5: Categorías para los recursos empleados para la modelización, según su tipología y origen.

criterio	Definición	Categoría	Código	Definición	Ejemplos
<b>Tipo de recurso (adaptada de Oliva, 2021)</b>	Este criterio permite categorizar los recursos utilizados durante el proceso de enseñanza aprendizaje.	Analogía	Analogías	Relaciones de similitud entre dos dominios establecidos, uno más conocido y familiar, y otro menos conocido y alejado de la experiencia.	Analogía entre experimentaciones y situaciones reales (tubos de buceo) o analogía de recitales.
		Personificación	Personif.	Son un tipo de acciones corporales, en las que las maestras usan su propio cuerpo como análogo del sistema representado.	Cada participante representa una partícula para simular el comportamiento en diferentes situaciones
		Modelo físico	Mod. físico	Objetos contruidos para representar un objeto real, normalmente para visualizar, a tamaño diferente, la estructura de un sistema.	Maracas, recipiente con objetos esféricos de diferentes tamaños para representar partículas de diferentes tamaños.
		Representación gráfica	Repr. gráfica	Representaciones para visualizar algunas características de un fenómeno	Dibujos realizados, por ejemplo, al imaginar por dentro al agua
		Representación mental	Repr. mental	Experimentos realizados mentalmente sin necesidad de que se ejecuten realmente, y propuestas para que emerjan las representaciones mentales del alumnado	Gafas imaginarias para imaginar al agua por dentro, imaginar qué sucederá si incorporamos tinta en un recipiente con agua caliente (Predicción).
		Experimentación	Experim.	Experimentos ejecutados realmente, en los que el alumnado manipula u observa.	Mezclar tinta en agua a diferentes temperaturas
<b>Origen del recurso</b>	Este criterio permite categorizar los recursos considerando el origen de estos.	Tomada de las clases de la asignatura	Cl	El recurso empleado es tomado de las clases impartidas por el profesorado formador e implementada de la misma manera, o realizando alguna adaptación, durante el desarrollo de la práctica dialógica	Experimento de la gota de tinta en agua fría y otra en agua caliente
		Otras fuentes	Pr	El recurso empleado es tomado de otras fuentes o inventada por las maestras en formación, y no fueron desarrolladas durante las clases de la asignatura	Experimento en el que sumergen un vaso, con un bollo de papel en el fondo, en distintas posiciones, en agua

### b. Dimensión dialógica

Dentro de este apartado se presenta el libro de códigos utilizado para el análisis de la dimensión dialógica e incluye, por un lado, las categorías que permiten analizar el enfoque comunicativo de cada episodio (Nivel meso) y por otro, las categorías que permiten analizar cada uno de los enunciados docentes (Nivel micro)

#### **Enfoque comunicativo (Nivel Meso)**

En relación con la dimensión dialógica se categorizan los episodios (Nivel meso) considerando el enfoque comunicativo predominante en estos (Scott et al, 2006). El enfoque comunicativo proporciona información sobre cómo las maestras en formación interactúan con los infantes, y si las ideas de estos son tenidas en cuenta a medida que se desarrolla la práctica dialógica (Tabla 3.6)

*Tabla 3.6: categorías de enfoques comunicativos (Scott et al 2006).*

Categoría	Código	Definición
<b>Interactivo/ Dialógico</b>	<b>ID</b>	Docentes y estudiantes exploran ideas. Se hacen preguntas y ofrecen, consideran y trabajan con diferentes puntos de vista.
<b>No interactivo/ Dialógico</b>	<b>NID</b>	La docente reconsidera, en su discurso, varios puntos de vista, ya sea destacando similitudes y diferencias, o simplemente enumerándolos.
<b>Interactivo/ Autoritativo</b>	<b>IA</b>	La docente suele conducir a los estudiantes a través de una secuencia de preguntas y respuestas, con el objetivo de llegar a un punto de vista específico y consolidarlo
<b>No interactivo/ Autoritativo</b>	<b>NIA</b>	La docente presenta un sólo punto de vista específico, ignorando los otros que existan en el grupo.

#### **Tipología de enunciados de las maestras en formación inicial (Nivel Micro)**

Para profundizar en cómo las maestras dialogan en torno a las ideas clave del modelo corpuscular de la materia, se codifican los enunciados docentes que pertenecen a los episodios en los que se trata el contenido científico. Esto implica que se excluyen los de los episodios con el objetivo de inicio y cierre de la sesión (Tabla 3.7). Esta codificación se realiza según la función de los enunciados dentro del desarrollo de la práctica y se agrupan en cuatro grandes categorías y sus correspondientes subcategorías, que son una adaptación de la propuesta de Vergara Sandoval (2022).

Tabla 3.7: Categorías para clasificar la tipología de enunciados de las maestras en formación (Adaptado de Vergara Sandoval, 2022).

Categoría	Definición	Subcategoría	Código	Definición	Ejemplo
<b>Conversación de aula</b>	Enunciados que se emiten para presentar las gestiones del grupo o los turnos de habla del alumnado	Gestión de turnos de habla	Ca-Gest	Enunciado docente para organizar los turnos de habla o para solicitar al alumnado respetarlos	G1_14. PFI01: Vale, entonces, intentad que cuando esté hablando, por ejemplo, 1, no le cortéis, ¿vale? Intentad respetar los turnos de palabra.
		Pauta la actividad	Ca-Pauta	Enunciado en el que las maestras presentan la actividad y/o dan normas para el desarrollo de esta.	G1_1. PFI01: Vale, primero, una cosa superimportante. Ahora vamos a hacer un experimento que es para un trabajo de la universidad. ¿Vale? Entonces os iremos haciendo preguntas
<b>Aportar</b>	La docente aporta ideas, información, perspectivas ya consideradas o no por el alumnado en interacciones anteriores, que son necesarias para el progreso de las ideas del alumnado	Aportar dato o concepto	Ap-DoC	La docente proporciona un dato o concepto	G1_86. PFI04: Porque si no hay aire, no podemos vivir.
		Aportar una descripción del fenómeno	Ap-Des-Fen	La docente realiza proposiciones que enumeran cualidades, propiedades, comportamientos de un objeto, hechos o fenómeno concretos. Incluye la descripción y o narración de un montaje experimental.	G1_284. PFI03: Entra agua por aquí ( <i>lo señala</i> ) y, por aquí ( <i>lo señala</i> ), mientras va saliendo el aire. ( <i>Señalando el agujero de la botella</i> ).
		Aportar una Explicación	Ap-Expl	La docente presenta razonamientos o argumentos estableciendo relaciones causales explícitamente.	G7_188. PFI25: clar, aleshores, el que està clar és que no hem vist exactament... no es poden veure les parts, però si que podem veure que amb la calor hi ha alguna cosa dins l'aigua que es comença a moure (...)
		Aportar una Justificación	Ap-Just	La maestra expresa la interpretación de fenómenos o acontecimientos vinculándolos con la teoría científica o los datos y las pruebas generadas a partir de la experimentación.	G3_182. PFI11: Ara no hi ha espai, però ha posat aigua, que com que les seves parts són petites poden cabre. Però una vegada l'aigua hagi baixat del tot i no puguem posar més, el pot estarà ple. Llavors si afegíssim una cosa dalt no hi cabria, perquè no hi ha... (esperant que els alumnes contestin).
		Aportar una predicción	Ap-Pred	Enunciado docente para aportar una especulación o predicción con respecto al fenómeno en estudio.	G6_7. PFI21: Entonces el agua se quedará dentro.
		Aportar una concreción	Ap-Concr	La docente presenta un detalle, replanteamiento, refinamiento, especificación, profundización y/o aclaración de una idea que se ha mencionado previamente.	G1_82. PFI02: Es un gas, ¿no?
		Aportar una ampliación	Ap-Ampl	Enunciados para traer a la discusión diferentes ideas, fenómenos, hechos, o perspectivas. Como la opinión, el aporte de analogías, los experimentos mentales para lograr aplicar las ideas a un contexto distinto del actual fenómeno estudiado.	G1_434. PFI04: Es decir, vamos a hacer un ejemplo (...). ST02 y yo somos agua y estamos como en un sitio muy encerrado. Ellas son aire, ¿vale? Si ST02 y yo queremos entrar, si están super apretujadas, ¿qué tenemos que hacer? Si ellas no salen, no podemos entrar, pero si ellas salen...
		Aportar una pista	Ap-Pista	Enunciado docente para aportar un indicio para que el alumnado mencione alguna palabra o idea específica.	G2_253. PFI06: o sigui aquest moviment el produiria la...?

Categoría	Definición	Subcategoría	Código	Definición	Ejemplo
<b>Solicitar</b>	La docente propone al alumnado presentar, explicar, o clarificar alguna idea, para promover que se verbalicen y compartan de la forma más completa posible.	Solicitar dato o concepto	Sol-DoC	La docente solicita un dato o un concepto	G1_76. PFI04: (...) Entonces, ¿qué es el aire?
		Solicita observación	Sol-Observ	La docente solicita al alumnado observar lo que ocurre durante la experimentación, para focalizar la atención en el fenómeno. Se incluyen los enunciados en los que las maestras invitan a hacer una observación.	G2_74.PFI06: (...) I fixe-u-vos bé en què passa. A veure si cau... Fixeu-vos bé en què passa.
		Solicitar una representación mental	Sol-Rep-Ment	Enunciado docente en el que proponen al alumnado exponer y/o representar sus ideas sobre algún fenómeno	G5_50. PFI17: Com serà per dins l'aigua?
		Solicitar descripción fenomenológica	Sol-Des-Fen	Enunciado para que el alumnado elabore proposiciones que enumeran cualidades, propiedades, comportamientos de un objeto, hechos o fenómenos concretos. Incluye la descripción y o narración de un montaje experimental.	G2_77. PFI08: Vale, què heu observat?
		Solicitar una explicación	Sol-Exp	La docente solicita que el alumnado presente razonamientos o argumentos estableciendo relaciones causales explícitamente.	G2_156. PFI08: i per què penseu que s'ha barrejat més ràpid?
		Solicitar una justificación	Sol-Just	La maestra solicita al alumnado que exprese la interpretación de fenómenos o acontecimientos vinculándolos con la teoría científica o los datos y las pruebas generadas a partir de la experimentación.	G2_108. PFI06: (...) I tot això creieu que té alguna cosa a veure amb les molècules, com està formada l'aigua, com està formada la tinta, què penses tu ST07?
		Solicitar una predicción	Sol-Pred	Enunciado docente que pretende que el alumnado prediga, especule, etc., el comportamiento del fenómeno en estudio.	G2_132. PFI08: Vale, pues ara farem el mateix, però amb aigua calenta. Què creieu que passarà, és barrejarà més ràpid, més lent, passarà el mateix?
		Solicitar una concreción	Sol-Concr	Solicita al alumnado detalle, replanteamiento, refinamiento, especificación, profundización y/o aclaración de una idea que se ha mencionado previamente.	G2_134. PFI08: es barrejarà abans no? O sigui més ràpid.
		Solicitar una ampliación	Sol-Amp	Enunciado que solicita la expresión de diferentes ideas, opiniones o perspectivas de una misma idea, o la comparación entre estas.	G2_163. PFI05: I si l'aigua estigués molt molt freda què passaria ST05?
		Solicitar conclusión	Sol-Concl	La docente solicita al alumnado la síntesis o conclusión de lo discutido hasta ese momento	G2_233. PFI07: Llavors si ara m'haguéssiu de dir de manera resumida què és el que heu après que em diríeu? Amb quines idees us aneu avui a casa?
		Solicitar Consenso	Sol-Consenso	Las maestras solicitan al alumnado llegar a un acuerdo, contrastando las diferentes opiniones del alumnado, sobre las predicciones, descripciones o explicaciones	G2_181. PFI05: Sí Joel? Has canviat d'opinió o segueixes pensant el mateix?
		Solicitar Confirmación	Sol-Confir	Las maestras solicitan al alumnado la confirmación o validación de una afirmación que ellas realizan. Incluye preguntas como ¿Han entendido?, a las que el alumnado siempre respondió "Si"	G5_249. PFI17: Al teu dibuix és igual, la tinta negra i l'aigua blava, oi?

Categoría	Definición	Subcategoría	Código	Definición	Ejemplo
<b>Recuperar (Adaptada de Vergara Sandoval, 2022)</b>	La docente promueve, al recopilar, la conexión entre las ideas que se están abordando con aquellas que se han trabajado anteriormente, para reconstruirlas y ordenarlas. Así se reconoce la participación del alumnado, y las ideas enunciadas como una progresión de ideas.	Recuperar para contrastar	Rec-Contr	Enunciado que tiene por objetivo recuperar ideas, fenómenos, o hechos que han sido expresados previamente para compararlo con alguna idea, fenómeno o hecho que surge del diálogo actual, promoviendo el consenso.	G2_192. PFI08: com el que hem dit abans: en les de l'aigua calenta, se l'augmenten la temperatura i es mouen ràpid; llavors en les de l'aigua freda, què passarà?
		Recuperar para orientar	Rec-Orient	Enunciado que recupera las ideas del alumnado con la finalidad de recapitular, ordenar, y orientar la discusión a través de una trayectoria ordenada, continua y explícita hacia la idea que se pretende abordar.	G2_251. PFI08: perquè es mouen no? Que és el que hem dit abans
		Recuperar para concluir	Rec-Concl	Enunciado docente que recupera ciertas ideas que han sido expresadas para cerrar la discusión a través de una conclusión con las ideas científicamente más aceptadas que el alumnado ha alcanzado al finalizar la discusión.	G2_255. PFI07: molt bé. Sí, aquesta és la síntesi bàsicament a la que volíem arribar. Que us quedéssiu bàsicament amb la idea de que a més temperatura més moviment hi ha de les molècules, i per això hi ha més espai i passen més ràpid.
<b>Reconocer (Adaptada de Vergara Sandoval, 2022)</b>	La docente destaca inmediatamente una idea del alumnado, sin enfatizar o modificar substancialmente el contenido del enunciado, para que el alumnado continúe con el desarrollo de la idea.	Parafrasear	Reco-Paraf	La docente repite o parafrasea inmediatamente lo que ha mencionado el alumnado, sin enfatizar o modificar substancialmente el contenido del enunciado para que el continúe el desarrollo de sus ideas. Puede ser reformulado en forma de pregunta, con el mismo objetivo.	G2_82.PFI06: S'ha anat dissolvent?
		Validar	Reco-Val	La docente valida el aporte del alumnado.	G2_52.PFI05: Vale! És molt interessant el que esteu dient.

### c. Dimensión científica

En este apartado se presentan las categorías, de autoría propia, que permiten el análisis de la dimensión científica. Tanto el análisis del *foco* como el de la *escala* que se proponen en los enunciados docentes se realizan a nivel micro. En esta dimensión, sólo serán analizados los enunciados (nivel micro) que específicamente abordan el contenido científico, siendo excluidos los enunciados dedicados a la conversación de aula como los de gestión de los turnos de habla.

#### Escala de los enunciados de las maestras (Nivel Micro)

Con el objetivo de identificar la escala en la que se centran los enunciados de las maestras para abordar las ideas clave del modelo corpuscular de la materia se establece el siguiente sistema de categorías que emerge de los datos (Tabla 3.8).

Tabla 3.8: Categorías de la escala en la que se centran los enunciados docentes

Categoría	Definición	Ejemplo
<b>Macro</b>	El enunciado centra el diálogo o se refiere a la escala macro	G6_16. PFI23: Sí, sí. ¿Qué creéis?, ¿que el agua pasará hacia abajo, se quedará arriba...?
<b>Micro</b>	El enunciado centra el diálogo o se refiere a la escala micro	G7_323.PFI24: El gel tenia les partícules molt juntes, per això era difícil de travessar per la tinta. L'aigua tenia més espai, i la tinta podia passar millor. I l'aire?
<b>Escala Indefinida</b>	No es clara la escala a la que el enunciado se refiere	G8_207. PFI29: vosaltres dins aquestes bombolletes que heu dibuixat vale? que us penseu q hi ha dintre aquestes bombolletes, és aigua líquida igual, igual així com la veiem o te altres coses?
<b>Escala Mixta</b>	El enunciado se propone para conectar la escala macro con la micro.	G2_108.PFI06: Creieu que la tinta, oi? Vale... I tot això creieu que té alguna cosa a veure amb les molècules, com està formada l'aigua, com està formada la tinta, què penses tu ST07?

#### Foco de los enunciados de las maestras (Nivel Micro)

Con el objetivo de identificar si los enunciados de las maestras se enfocan en la descripción del recurso, del fenómeno, en el modelo corpuscular de la materia, o en la conexión entre estos, se establece el siguiente sistema de categorías que emerge de los datos, y que permite codificar cada uno de los enunciados de las maestras en formación que abordan el contenido científico (Tabla 3.9).

Tabla 3.9: Categorías de análisis para el foco temático de cada enunciado docente.

Categoría	Código	Definición	Subcategoría	Definición	Ítem	Ejemplo
<b>RECURSO</b>	<b>R</b>	El enunciado se enfoca en presentar el uso del recurso.				G6_18. PFI23: Bueno si preferís lo vamos a hacer de esta manera. Si tiramos el agua aquí (cogiendo porexpan para que lo cojan) ¿qué pasaría?
<b>FENÓMENO</b>	<b>F</b>	El enunciado se enfoca en el fenómeno observado y en los datos que se pretenden analizar	<b>PROPIEDADES</b>	El enunciado se refiere a las características observables y /o mesurables del fenómeno	Estado de la materia	G8_292. PFI27: I com seria el nom? Abans m'heu dit un altre nom. Un ha dit líquid, un altre ha dit: "peto una bombolla i surt..."?
					Color	G5_269. PFI20: I la barreja de quin color serà?
					Masa	G2_100. PFI07: I per què creus que pesa més la tinta?
					Volumen o Tamaño	G1_439. PFI03: Es decir, el aire, aunque nos parezca que no lo vemos ni nada, realmente sí que ocupa un espacio.
					Temperatura	G8_356. PFI28: Creieu que la temperatura canviará un cop posem el colorant?
					Mojado o seco	G1_162.PFI02: Pero entonces, ¿estará mojado el papel, dices tú?
					Se aprecia con los sentidos	G7_343.PFI26: però l'aire es pot notar, oi? potser no veure
					Composició	G3_98.PFI12: (assenyalant el primer got) anem a repassar, aquí què hi ha?
					Movimiento	G5_394.PFI18: Per tant hem quedat que al de l'aigua calenta hi ha hagut més moviment, s'ha mogut més ràpid.
					Se mezclan	G3_127. PFI12: Perquè s'ha quedat aquí, no s'ha ajuntat, què hi ha?
					Velocidad	G2_68. PFI06: I a quina velocitat més o menys s'ajuntarà? Molt ràpid? Trigarà?
					Cambio de estado	G7_151. PFI25: s'evapora, vale. Tu ho veus, que s'evapora?
					Se adapta al espacio	G4_123. PFI13: vale, que l'aire no se ha adaptat aquesta forma
		<b>INDEFINIDO</b>	El enunciado no especifica en qué aspecto del fenómeno se hace foco		G8_280.PFI28: Els objectes? Com són?	

Categoría	Código	Definición	Subcategoría	Definición	Ítem	Ejemplo
PUENTE	PUENTE	El enunciado propone relacionar el fenómeno o el recurso con el modelo corpuscular de la materia	RECURSO/ MODELO	El enunciado propone establecer una relación entre el recurso y el modelo	Es un enunciado que conecta el recurso con el modelo	G7_130.PFI24: però n'hem fet més de 3 oi? Doncs això és el que ens passa amb l'aigua. Son tan petites tan petites que lo que passa és que veiem com "una cosa", una sola "cosa", però en veritat, hi ha aquestes petites parts.
			FENÓMENO/ MODELO	El enunciado propone establecer una relación entre el fenómeno y el modelo	Es un enunciado que conecta el fenómeno con el modelo	G3_106. PFI11: Molt bé, la sal s'ha ajuntat amb l'aigua, no? - fa una pausa de reflexió - Perquè hem dit que la sal està formada per parts i aquestes parts s'han ajuntat amb l'aigua. Ara, les parts de la tinta per què s'han quedat a dalt i no s'han ajuntat?
MODELO	M	El enunciado se enfoca en el modelo corpuscular de materia, ya sea en las entidades como en las reglas	ENTIDAD	El enunciado se enfoca en las entidades del modelo, Partes o moléculas	Átomos	G7_351. PFI26: clar, i algú abans ha parlat d'àtoms, però segurament no sabíem què eren o què volíem dir amb àtoms, però ara entenem que són aquestes petites boletes, oi?
					Moléculas	G2_27. PFI05: Ah... molècules? Molt interessant! I què és això de les molècules? Qui m'ho sap dir?
					Partículas	G5_258. PFI17: Abans de començar l'experiment, algú sap que significa la paraula partícula?
					Partes	G2_29. PFI05: Parts d'aigua? I això què és?
					Materia	G8_16. PFI28: primer de tot, si us diem que es la matèria? ho sabríeu respondre?
			REGLA	El enunciado se enfoca en las reglas del modelo: espacio entre las partes, movimiento,	La materia formada por partes	G6_266. PFI23: Partecitas más chiquitas. Exacto. Perfecto.
					Hay espacio entre las partes	G2_118. PFI08: Vale, hi ha espai perquè està en líquid, i estan com més separades, o sigui, en el sòlid estan molt més juntes i no hi haurà aquest espai.
					Las partes se mueven	G2_165.PFI05: I quines són les molècules que van més ràpides, les de la tinta o les de l'aigua?
		El movimiento depende de la energía	G2_255.PFI07: molt bé. Sí, aquesta és la síntesi bàsicament a la que volíem arribar. Que us quedéssiu bàsicament amb la idea de que a més temperatura més moviment hi ha de les molècules, i per això hi ha més espai i passen més ràpid.			

### 3.4.3 Tratamiento y análisis de los datos

En apartados anteriores, se ha mencionado que las transcripciones de las prácticas dialógicas realizadas por las maestras en formación constituyen la muestra de este estudio. Para asegurar la exactitud de estas, la autora de esta tesis las cotejó con el audio, para verificar su exactitud. Algunas de las transcripciones originales fueron refinadas, agregando puntuación para las pausas e incluyendo signos de puntuación en función de las entonaciones interrogativas, respetando el idioma original. Así, la muestra empleada son las transcripciones realizadas por las maestras en formación y cotejadas, posteriormente, con el audio por la investigadora de esta tesis (N=8). De este modo, la muestra fue por conveniencia, no probabilística y no aleatoria (Hernández et al., 2010).

A pesar de que se reconoce que el discurso científico es multimodal, es decir que, para expresar conceptos científicos, interactúan diferentes modos semióticos como el modo verbal, escrito, gestual, visual, matemático, entre otros (Kress, 2010; Lemke, 1998; Márquez et al., 2006; Pérez et al., 2023) y que cuando interactúan cada uno de estos modos se construye el significado (Lemke, 1998), por limitaciones de la propia investigación, solo se ha tenido en cuenta el lenguaje verbal. Por la misma razón, se pone especial atención en los enunciados realizados por las maestras en formación inicial. A pesar de ello, tanto los dibujos, las gesticulaciones, etc. son tenidas en cuenta para matizar o interpretar algunos aspectos de las transcripciones.

Una vez cotejadas las transcripciones, estas fueron cargadas al software de análisis cualitativo ATLAS.ti 24, que permitió generar el sistema de categorías y el análisis de coocurrencia entre estas. Al determinarse las unidades de análisis para cada una de las dimensiones que conforman esta investigación, se procedió a la codificación empleando el sistema de categorías ya presentado en el libro de códigos. Este proceso fue no lineal e iterativo y permitió hacer foco en las dimensiones de análisis establecidas (didáctica, dialógica y científica). Además, y para profundizar en el análisis, se utilizó Excel para organizar cada turno de habla en una celda lo que permitió el uso de filtros sobre los códigos asignados a cada turno de habla. Además, este software permitió hacer el análisis de coocurrencia en orden temporal debido a que habilitó ordenar los episodios.

Si bien esta investigación es de corte cualitativo, los datos también se analizaron desde una perspectiva cuantitativa para complementar y enriquecer la interpretación de los mismos, es decir, se emplearon métodos mixtos con un estatus dominante de los métodos cualitativos (Forni & De Grande, 2020). Es así como, luego de la codificación, se cuantifican las frecuencias

absolutas de códigos y categorías, y las relativas para cada transcripción. Se analizan individualmente los resultados de las codificaciones pertenecientes a las categorías dentro de cada dimensión. Luego se realizó un análisis de coocurrencia de las categorías pertenecientes a la misma dimensión, por ejemplo, dentro de la dimensión didáctica, primero se analizan los resultados obtenidos al analizar el *Objetivo didáctico* de los episodios, posteriormente se analizan los resultados de los *Tipos de recurso y su origen*. Para identificar en qué tipo de episodios se empleaban cada uno de los recursos, se analizó la coocurrencia de estas categorías. El mismo procedimiento se realizó en el análisis de cada una de las dimensiones de este estudio.

A continuación, se analizan los datos para identificar relaciones de coocurrencia entre las categorías de las diferentes dimensiones, utilizando los dos softwares mencionados, para así responder a las preguntas de investigación. Por ejemplo, en algunos casos fue de interés analizar el orden temporal en el que aparecen las categorías y subcategorías. Para establecer el eje temporal se utilizó como referencia el orden de aparición de cada episodio con diferentes turnos de habla y así, se analizó la coocurrencia de categorías en función de los episodios, con el objetivo de identificar patrones. En definitiva, se presenta en los resultados el análisis y discusión de la coocurrencia entre categorías que evidenciaron patrones

Para realizar un análisis integral de cada práctica dialógica desarrollada por los ocho grupos de maestras en formación, se construye una narrativa contemplando el análisis integral de las tres dimensiones y la discusión de los datos. Con este fin, también se representan gráficamente las sesiones para facilitar el análisis.

### 3.5 Naturaleza y calidad de la investigación

#### 3.5.1 Naturaleza de la investigación- Método de comparación constante

Como ya se mencionó, esta es una investigación cualitativa de carácter interpretativo en la que se utilizó el Método de Comparación Constante. Este método es uno de los pilares de la teoría fundamentada, y es esencial en los procesos de análisis de la investigación cualitativa. Los recursos como escritura de notas, lectura atenta y relectura, la codificación y diagramas, respaldan el principio de comparación (Boeije, 2002), y fueron utilizados en el desarrollo de esta investigación. De este modo, la formación de categoría y los límites entre ellas, y la codificación son fruto de comparaciones constantes. El objetivo es identificar similitudes conceptuales, refinar las categorías, resumir su contenido, ejemplificarlas e identificar patrones (Tesch, 2013).

Otro de los pilares de la teoría fundamentada es el muestreo teórico, es decir que la decisión de qué datos se analizaron se realizó sobre la base de ideas teóricas provisionales, que además permitió no solo profundizar en la interpretación de los resultados, sino que también la definición de las categorías. Por ejemplo, y tal como mencionó anteriormente en el apartado 3.4.1, para el análisis de las actividades se utilizó la jerarquización de las unidades de análisis de Hennessy et al (2016), y la categoría propuesta por Vergara Sandoval (2022) para la categorización de los enunciados de las maestras. La selección de estas propuestas se obtiene a partir de una comparación entre diferentes propuestas y la posterior selección, según su mejor adaptabilidad al contexto y a los datos.

### 3.5.2 Validez y fiabilidad

Las pruebas de fiabilidad y validez de la investigación son una preocupación a la hora de generar un sistema de categorías para realizar estudios cualitativos. Según Cohen y Manion (2002) un sistema de categorías debe ser fiable, en el sentido de garantizar un nivel aceptable de acuerdo entre quienes utilizan la categorización para describir datos. Esto requiere del desarrollo de esquemas de codificación que maximicen los niveles de inferencia y la posibilidad de que dos o más investigadoras apliquen la misma categoría a cada unidad de análisis.

Para garantizar la fiabilidad de este estudio, y como se explicó en el apartado anterior, las categorías fueron revisadas y modificadas en múltiples ocasiones y de manera iterativa hasta alcanzar la saturación. Además, se realizó un proceso de triangulación entre las partes implicadas en la investigación, a partir de la lectura de las transcripciones y su codificación, es decir, se utilizó un método de análisis que combinó procesos intra e inter evaluador (Padilla-Carmona, 2002). Para ello, la primera autora propuso una primera categorización para cada categoría de análisis, que fue revisada de manera iterativa por el equipo de investigación, hasta llegar a la categorización definitiva con un acuerdo del 90% en la mayoría de los casos. En los pocos casos de discrepancia (10%), se discutió la categorización de las preguntas hasta llegar al consenso pleno.

Para contribuir a la objetividad del análisis, se incluyeron ejemplos textuales para cada una de las categorías y subcategorías del análisis, para facilitar el uso del sistema de categorías, así como proporcionar evidencia de las categorizaciones realizadas.

De acuerdo con Vasilachis de Gialdino (2006) el criterio de validez redefinido como Credibilidad, implica reflexionar sobre la credibilidad del conocimiento producido, y supone poder evaluar la confianza en el proceso como en los resultados de la investigación. Para ello

propone una serie de procedimientos que contribuyen a garantizar la credibilidad o validez del proceso de investigación cualitativo.

Con el fin de alcanzar la credibilidad, en esta investigación se consideraron algunos de los mencionados procedimientos (Vasilachis de Gialdino, 2006). En primer lugar, y asociado al *Compromiso riguroso con el trabajo de campo*, se realizó la observación y registro de todas las clases y tutorías de la asignatura impartidas en por la docente formadora durante los cursos comprendidos entre los años 2018 y 2023, en los que se tomaron notas de campo y se analizaron otras actividades que no son incluidas en esta investigación, pero que aportaron a la reconstrucción del contexto y definición de la muestra, e interpretación de los resultados.

La *riqueza y validez de los datos* tomados se garantiza ya que la propuesta de la práctica dialógica tomada como muestra es un instrumento de evaluación, ha sido diseñada por especialistas del ámbito de la didáctica de las ciencias que diseñan e imparten la asignatura.

Por otra parte, otro procedimiento que permite garantizar la credibilidad o validez es la *triangulación*, que fue realizado a través de diferentes técnicas tal como se mencionó anteriormente, entre ellos, la *auditoría interna* a las investigadoras implicadas en esta tesis (Vasilachis de Gialdino, 2006).

Otro criterio de calidad de la investigación es el de *Consistencia interna* el cual se utiliza para garantizar que los resultados de una parte de la investigación concuerdan o son coherentes con los resultados de otra parte de esta. En esta investigación las categorías y la codificación se han ido validando internamente, por ejemplo, los enunciados docentes más frecuentes en un episodio de *Predicción* son los de “Solicitar Predicción” o en los episodios de observación son los de Solicitar o Aportar una descripción fenomenológica. Además, por ejemplo, el recurso más utilizado en los episodios de observación es la experimentación.

## Capítulo 4: Resultados y discusión

---

- 4.1 Resultados y discusión de la Dimensión Didáctica
- 4.2 Resultados y discusión de la Dimensión Dialógica
- 4.3 Resultados y discusión de la Dimensión Científica
- 4.4 Análisis de los distintos tipos de episodios
- 4.5 Análisis del desarrollo de las prácticas considerando las tres dimensiones

En esta sección, se presentarán y discutirán los resultados a partir de objetivos de investigación. En primer lugar, se presentan los correspondientes a la **dimensión didáctica**, y así, se analizó cómo las maestras en formación inicial estructuran las prácticas dialógicas que proponen para el desarrollo de la idea clave en cuestión y qué recursos emplean.

En segundo lugar, se presentan y discuten los resultados correspondientes a la **dimensión dialógica** para identificar y describir cómo son las interacciones a lo largo de la implementación de las prácticas dialógicas. A continuación, se exponen y discuten los resultados de la **dimensión científica**, que en esta investigación está vinculada a la **construcción del modelo corpuscular de la materia**. En esta dimensión se pretende analizar cómo las maestras promueven la evolución de los modelos iniciales y el nivel de concreción que alcanzan.

Finalmente se profundiza en la integración de las tres dimensiones en cada uno de los tipos de episodios, para luego, presentar el análisis de las prácticas agrupadas por idea clave del modelo.

## 4.1 Resultados y discusión de la Dimensión Didáctica

En este apartado se presentan los resultados y la discusión vinculados a la dimensión didáctica. Los resultados obtenidos se discuten para analizar tanto la estructura de las prácticas dialógicas implementadas por las maestras como los recursos que utilizan.

### 4.1.1 ¿Cómo se estructuran las prácticas implementadas?

Para poder describir la estructura que presentan las prácticas dialógicas, inicialmente se identificaron los *Enunciados de Transición*, que delimitan los distintos episodios para poder así evidenciar cómo se secuencian. Los episodios se caracterizan por un objetivo didáctico específico: *Inicio y cierre de la sesión, Introducción al modelo, Predicción, Observación y Explicación*.

#### a- ¿Qué objetivo didáctico tiene cada episodio?

Tal y como se describió en el capítulo 3, la identificación de los objetivos didácticos permitió determinar las unidades de análisis y la identificación de los tres niveles de análisis, siguiendo la propuesta de Hennessy y colaboradores (2016). Cada una de las 8 transcripciones de las prácticas dialógicas completas se considera como el primer nivel de análisis, *el nivel macro*. En total, se identificaron un total de 70 episodios (*nivel meso*) que fueron clasificados según su *objetivo didáctico* siguiendo las categorías que se muestran en la Tabla 4.1. Todas las transcripciones presentan al menos 4 episodios (G4), y un máximo de 13 (G1).

Tabla 4.1. Frecuencia de episodios según su objetivo didáctico total y por grupo.

CATEGORÍA	CÓDIGO	La materia está formada por partes			Las partículas ocupan espacio		Las partículas se mueven			Frecuencia total	% total de turnos de habla en cada obj. didáctico
		G4	G6	G7	G1	G3	G2	G5	G8		
Inicio de la sesión	O	1	1	0	1	1	1	1	1	7	3,37%
Introducción al modelo	IM	1	0	1	0	1	1	1	1	6	28,38%
Predicción	P	0	3	2	4	3	2	2	1	17	14,62%
Observación	O	1	3	3	5	3	2	2	1	20	18,13%
Explicación	E	1	3	3	3	3	2	2	1	18	33,42%
Cierre de la sesión	C	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2,08%
<b>Total</b>		4	10	9	13	11	9	8	6	70	

Para cada episodio se identificaron los turnos de habla (*nivel micro*) de maestras (PFI) y estudiantes (ST). A partir de su frecuencia relativa se determinó la extensión de cada uno (Tabla 4.2).

En las transcripciones se describen dos tipos de episodios, el de *Inicio* y el de *Cierre de sesión*, que se caracterizan por acoger y despedir al alumnado participante, sin abordar el contenido científico. En general, son episodios breves, que dedican entre el 0,5%, en el caso del *Inicio de Sesión (0)* del grupo G3, y el 16,1% de los turnos de habla de la sesión, en el caso del *Cierre de Sesión* del grupo G2 (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Frecuencia relativa de turnos de habla por grupo en cada episodio.

Grupos		Episodios																	
		0	IM	P1	O1	E1	P2	O2	E2	P3	O3	E3	P4	O4	E4	P5	O5	E5	C
La materia está formada por partes	G4	1,2	58,2	0,0	16,5	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	G6	1,1	0,0	8,6	12,3	11,6	2,6	14,6	16,4	17,2	5,6	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	G7	0,0	37,4	12,1	2,9	16,1	3,7	10,9	2,9	0,0	3,4	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Las partículas ocupan espacio	G1	6,9	0,0	0,0	12,2	0,0	7,8	3,6	0,0	8,2	15,1	15,8	0,9	0,4	0,7	6,4	8,9	13,1	0,0
	G3	0,5	7,7	4,1	7,7	9,2	3,6	3,1	4,1	5,6	3,6	50,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Las partículas se mueven	G2	6,6	12,5	4,9	5,6	13,4	5,2	2,3	33,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,1
	G5	7,8	49,6	4,5	2,6	0,4	6,3	7,8	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	G8	2,9	61,7	15,2	6,1	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6

Por ejemplo, durante la fase de *Inicio a la sesión* en cada grupo se presentan los participantes (ST y PFI) y/o se introducen las pautas de trabajo, como por ejemplo respetar los turnos de habla. En el caso de los grupos G1 y G6 las maestras aprovechan el episodio para insistir al alumnado la importancia que tiene participar sin miedo a equivocarse. En cambio, en los grupos G2 y G5 se explora sobre el interés, y las experiencias previas que el alumnado tiene en ciencias, como se muestra en el siguiente fragmento tomado del grupo G2, del diálogo entre maestras (PFI) y estudiantes (ST):

*G2\_1. PFI05: Vale, bona tarda. Estem la PFI07, la PFI08, el PFI06 i jo i tenim a tres alumnes de 6è de primària, dos nens i una nena (en ST05, en ST06 i la ST07).*

*G2\_2. PFI06: Molt bé, per començar... esteu a gust?*

*G2\_3. Els tres nens a la vegada: Sí*

*G2\_4. PFI05: Teniu ganes de fer l'experiment?*

*G2\_5. Els tres nens a la vegada: Sí!*

*G2\_6. PFI05: Molt bé! Teniu alguna experiència amb la ciència?*

*G2\_7. ST05: No*

*G2\_8. PFI05: No?*

*G2\_9. ST06: Si... bueno... una mica.*

*G2\_10. ST07: Una mica.*

*G2\_11. PFI05: Heu fet algun experiment a l'escola, a casa...?*

*G2\_12. Tots tres nens: Sí.*

*G2\_13. ST05: A l'escola sí.*

*G2\_14. PFI05: Sí? I us agrada?*

*G2\_15. Tots tres nens: Sí.*

*G2\_16. PFI05: Llavors us agrada la ciència? O... no molt?*

*G2\_17. ST07 i ST06: Sí...*

*G2\_18. ST05: Sí, bueno...*

*G2\_19. PFI05: Vale... doncs comencem l'experiment i el treball dialògic?*

*G2\_20. Tots tres nens: Vale![...]"*

Solo dos grupos realizan el *cierre* de la sesión (Tabla 4.1). En el caso del grupo G8, el cierre es muy breve (dos turnos de habla), y se limita a preguntarles si les ha gustado la actividad. En cambio, en el grupo G2 se dedican 49 enunciados al cierre de la sesión, en el que además de preguntarles si les ha gustado la actividad y vuelven a la pregunta realizada durante el inicio sobre el interés del alumnado en las ciencias, y comparan la práctica dialógica con las clases de ciencias de la escuela. Un fragmento de este episodio se presenta a continuación:

*"G2\_286. PFI08: També és important lo de parlar de les idees prèvies, no? [...] I per això se us queda molt més a la memòria que no si ho llegeixes i no reflexiones sobre el que pensaves abans.*

*G2\_287. PFI06: És a dir, és molt important per a nosaltres com a mestres saber el que penseu, [...] i, així, a partir d'aquestes idees els professors i les professores podem fer més coses, ja que sabem el que vosaltres sabeu.*

*G2\_288. PFI08: Sí, és molt important, perquè si només ho llegiu d'un text, nosaltres no sabem el que vosaltres sabeu. Potser teníeu un concepte erroni i no ho sabíem.*

*G2\_289. PFI07: I en un examen igual, al final tampoc es pot acabar de veure. I una altra pregunta, vosaltres penseu que heu après només de nosaltres fent aquest experiment? O que també heu après entre vosaltres amb els coneixements que tenien els altres?*

*G2\_290. ST07: Jo crec que fent-lo en grup s'aprèn més perquè podem comparar les idees i així s'aprèn més.*

*G2\_291. ST06: Sí*

*G2\_292. ST05: Sí*

*G2\_293. PFI07: Molt bé*

*G2\_294. PFI06: I, realment us imaginàveu que passaria això?*

*G2\_295. ST05: Jo crec que des d'un principi la tinta sempre s'ha barrejat amb l'aigua*

*G2\_296. PFI06: Clar, teníeu idees que sí que eren acertades*

*G2\_297. ST05: Però també teníem idees que eren incertes i l'experiment jo crec que ens ha ajudat a veure que les idees que teníem no eren acertades i ara amb l'experiment, les idees que no teníem les tenim.[...]*

*G2\_302. PFI07: Doncs això és tot, i ens agradaria també que canviéssiu una mica la visió que teniu de la ciència [...], i que només pel fet de treballar amb altra gent i compartir idees ja s'està fent ciència, i que és molt més positiu fer ciència de manera conjunta que individual, perquè s'arriba molt més lluny i ho acabeu de veure, i això és super important.*

*G2\_303. PFI06: Quan diuen que la ciència és interessant no ho diuen perquè estúdieu, sinó és perquè és interessant de veritat.*

*G2\_304. PFI08: Sí, aquí es pot veure que és més interessant que veure-ho escrit en un llibre i sense experimentar-ho, mitjançant l'observació s'aprèn millor.*

*G2\_305. PFI05: Sí! Doncs moltes gràcies i esperem que hagueu après molt!"*

El contingut científic se aborda explícitament en els episodis amb l'objectiu de *Introducir el model, Predecir, Observar y Explicar*. A continuació, se presenta cada una de aquestes tipologies d'episodis segons l'ordre d'aparició durant el desenvolupament de les pràctiques dialògiques.

Tal i com es pot observar a la Taula 4.1, en sis dels grups (G4, G7, G3, G2, G5 i G8) les mestres s'aproximen al contingut científic a través d'un episodi de *Introducció al model*, i en els altres dos grups ho fan amb una *Observació* (G1) i amb una *Predicció* (G6).

Els episodis de *Introducció al model* (n=6) van ser representats, en general, per el 38% dels torns de parla de les pràctiques dialògiques (Taula 4.1). A més, es observa que, en particular, en 4 casos (G4, G7, G5 i G8) aquest episodi conté més del 25% dels torns de parla de la sessió (Taula 4.2). Això podria evidenciar l'interès de les mestres en identificar les idees prèvies del alumnat vinculades amb el model científic a desenvolupar, tal com se les havia sol·licitat en la pauta del treball.

En els episodis de *Introducció al model* se discuteixen les idees prèvies y/o presenten diferents aspectes de la idea clau que tenien que construir, com en el cas del grup G2:

*"[...]G2\_21. PFI05: Primer de tot, ens hem d'imaginar que ens posem unes ulleres i volem fixar-nos en la forma que té l'aigua per dintre. Sí? Què veuríeu? A veure ST05.*

*G2\_22. ST05: Veuríem... o sigui... em...*

*G2\_23. PFI05: Tranquil, no passa res.*

*G2\_24. ST05: Em... em... Líquid?"*

- G2\_25. PFI05: *Vale... Veuríem líquid, vale.*
- G2\_26. ST05: *I molècules... perquè l'aigua està formada per molècules...*
- G2\_27. PFI05: *Ah... molècules? Molt interessant! I què és això de les molècules? Qui m'ho sap dir?*
- G2\_28. ST07: *Parts de l'aigua?*
- G2\_29. PFI05: *Parts d'aigua? I això què és?*
- G2\_30. ST06: *Em... bueno... les parts de l'aigua... jo crec que l'aigua per dins hi ha molècules separades... que... són molècules separades.*
- G2\_31. PFI05: *Vale... és a dir, les parts que formen l'aigua diríeu?*
- G2\_32. Tots tres nens: *Sí...*
- G2\_33. ST06: *Les molècules.*
- G2\_34. PFI05: *Vale... I aquestes parts, les molècules, són iguals en el gel que en el líquid?*
- G2\_35. Tots tres nens: *No.*
- G2\_36. PFI05: *Per què no?*
- G2\_37. ST05: *Em... perquè jo crec que se separarien o s'ajuntarien.*
- G2\_38. PFI05: *Vale, per exemple en el gel com estarien?*
- G2\_39. ST05: *En el gel estarien molt...*
- G2\_40. ST07: *Jo crec que junts [...]"*

En todos los grupos se identificó al menos un episodio de *Predicción* y como máximo 4, a excepción del grupo G4 en el que no se identificó ninguno (Tabla 4.1). El total de *Predicciones* identificadas es de 17 y representaron el 14,62 % de los turnos de habla totales. Además, como se observa en la Tabla 4.2, representaron como mínimo el 10,2 % de la sesión, en el grupo G2, y como máximo el 28,4 % en el grupo G6.

En los episodios de *predicción* las maestras promueven la presentación de conjeturas del alumnado sobre lo que creen que sucederá al observar el fenómeno. Por ejemplo, se presenta a continuación un fragmento de un episodio de predicción tomado del grupo G1:

- G1\_87. PFI02: *Vale, pues entonces, ahora vamos a empezar el experimento. La cosa es: yo ahora cogeré un trozo de papel (de papel de cocina de toda la vida) y, lo vamos a arrugar así (lo hace) y vamos a coger este vaso (lo coge) que está seco, vacío, sí, ¿confirmamos? ¿Sí?*
- G1\_88. ST01: *Sí, este sí, bueno, hay aire solo, solo aire.*
- G1\_89. PFI02: *Entonces, lo voy a coger y voy a meter la pelota (de papel), aquí, hasta el fondo y, vamos a sumergir de manera horizontal, así (vaso inclinado horizontalmente). Entonces, ¿creéis que entrará agua en el vaso? Y, entonces, ¿el papel se va a mojar? ¿Sí o no?*
- G1\_90. ST03: *No, yo no.*

*G1\_91. ST02: No.*

*G1\_92. PFI02: ¿Si lo pongo así? (Vaso inclinado horizontalmente)*

*G1\_93. ST04: No, porque flotar.*

*G1\_94. ST03: No, se mojará el papel un poco.*

*G1\_95. ST04: Se mojará.*

*G1\_96. ST01: Sí, porque entrará un poquito de gotas solo, entraran muy pocas de gotas. Flotará, pero...*

*G1\_97. PFI04: Espera, que ST03 quería decir una cosa.*

*G1\_98. ST03: No, no se puede mojar porque está protegido.*

*G1\_99. PFI02: Yo lo pondré horizontalmente, así (lo muestra) y, no voy a tocar nada, unos segundos y lo voy a quitar.*

*G1\_100. ST01: ¿Pero lo pondrás en medio del agua, hasta abajo?*

*G1\_101. PFI02: Sí, hasta abajo.*

*G1\_102. ST01: Claro, pues se mojará claramente, porque entrará por el lado.*

*G1\_103. ST02: No saldrá agua.*

*G1\_104. PFI01: A ver, ¿tú qué dices, ST02?*

*G1\_105. ST02: ¡Ah no! El papel, es como que va a absorber el agua, y va a...*

*G1\_106. PFI02: Vale, entonces, si meto el vaso así, 100% el papel se moja, ¿no?*

*G1\_107. PFI04: Y, ¿entra agua en el vaso?*

*G1\_108. Todos: Sí. [...]”*

En todos los grupos, hay al menos 1 episodio de *Observación* (G4 y G8) y hasta un máximo de 5 (G1). En total se identificaron 20 episodios, siendo así este objetivo didáctico el de mayor frecuencia. Además, se observó que los episodios con este objetivo estuvieron representados por el 18,13% de todos los turnos de habla (Tabla 4.1). Al analizar los diferentes grupos, se observó que el G8 es el que menos turnos de habla asigna a este objetivo didáctico (6,1%) mientras que el que más asigna es el grupo G1 (40,2%). Esto puede deberse a que el objetivo de estos episodios es de observar el fenómeno y describirlo con la orientación de las maestras.

Durante el desarrollo de estos episodios, las maestras proponen llevar a cabo la observación de algún fenómeno, que implica o no la manipulación por parte del alumnado, y la posterior descripción de lo observado. Por ejemplo, el fragmento de la transcripción del grupo G3, sucede después de la experimentación tal como se muestra a continuación:

*[...] Comencem la segona part de l'experiment. Posem la sal a l'altre got amb aigua i es fa una pausa perquè els infants analitzin què està passant.*

*G3\_65. PFI11: Què està passant?*

*G3\_66. ST08: Anirà cap a baix la sal.*

*G3\_67. PFI10: Observeu el què passa poc a poc.*

*G3\_68. PFI12: Si mirem a l'altre got (assenyalant el primer got), veiem que cada vegada l'aigua i la tinta estan més junts.*

*G3\_69. ST09: És veritat!*

*G3\_70. PFI09: Aleshores, la sal perquè creieu que està formada? [...]"*

En todos los grupos se identificó al menos una *Explicación* (G4 y G8) y un máximo de 3 episodios en un mismo grupo (G6, G7, G1 y G3), siendo 18 el total. Además, se observó que este objetivo didáctico estuvo representado por la mayoría (33,34%) de los turnos de habla de las sesiones (Tabla 4.1). Más en detalle, como se observa en la Tabla 4.2, fue en el grupo G8 en el que se destaca el menor porcentaje de turnos de habla para este objetivo didáctico (13,5%) mientras que el mayor fue en el grupo G3 (64,1%).

En estos episodios se observa cómo las maestras acompañan al alumnado a plantear una interpretación de lo observado. Por ejemplo, en un fragmento del episodio de *Explicación* del grupo G8, buscan explicar por qué la tinta se mezcla más rápido en el agua caliente:

*"[...]G8\_441. PFI29: Perquè?*

*G8\_442. ST26: Perquè és aigua calenta*

*G8\_443. PFI27: I perquè, perquè es mou més?*

*G8\_444. ST25: Perquè les partícules es mouen*

*G8\_445. PFI27: Per tant, aquí s'integra més ràpid el color (aigua calenta), perquè?*

*G8\_446. NENS: Les partícules*

*G8\_447. ST26: Les partícules es mouen més ràpid*

*G8\_448. PFI27: Es mouen més ràpid i aquí (aigua freda)?*

*G8\_449. ST28: Es mouen menys*

*G8\_450. ST25: Les partícules es mouen més lentes*

*G8\_451. PFI27: Molt bé. I això hem dit que tenia a veure amb...? Amb el que tu has comentat que era de...?*

*G8\_452. ST26: De com si fóssim persones*

*G8\_453. PFI27: Com si fóssim persones, que en el cas de l'aigua freda que passa?*

*G8\_454. ST26: Que estaríem una mica més, que es mourien molt poquet, així*

*G8\_455. PFI27: Molt bé*

*G8\_456. ST26: I quan estiguéssim en el calent, si fóssim una altra persona, seria com el concert que estaries movent-te tot el temps.*

G8\_457. PFI27: *Per tant que passa, que hi ha...*

G8\_458. ST26: *Molta calor*

G8\_459. PFI27: *I...?*

G8\_460. ST26: *aquí (aigua freda), molt de fred*

G8\_461. PFI29: *Llavors, de que depèn que les partícules es moguin més ràpid o més lent?*

G8\_462. ST27: *Perquè el calor...[...]"*

**b- ¿Cómo se secuencian los episodios a lo largo de las prácticas dialógicas?**

Como ya se explicó en el capítulo de metodología, el límite entre los episodios está determinado por un enunciado docente, o una sucesión de ellos, en los que se mencionan cuáles serán las acciones que se desarrollarán a continuación. Se identificaron un total 62 Enunciados de Transición (ET), los cuales se codificaron según categorías emergentes de los datos. En la Tabla 4.3 se presentan las frecuencias para cada categoría de ET identificada.

Tabla 4.3. Frecuencia de enunciados de transición según su objetivo didáctico total y por grupo

CATEGORÍA	CÓDIGO	La materia está formada por partes			Las partículas ocupan espacio		Las partículas se mueven			f ET
		G4	G6	G7	G1	G3	G2	G5	G8	
Enunciado de transición. De la introducción a la sesión a la introducción al modelo	ET.0-IM	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Enunciado de transición. De la introducción a la observación	ET. 0-O	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Enunciado de transición. De la introducción a la sesión a la predicción	ET. 0-P	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Enunciado de transición. De la observación a la predicción	ET. O-P	0	0	0	2	1	0	0	0	3
Enunciado de transición. De la introducción al modelo a la predicción	ET. IM-O	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Enunciado de transición. De la introducción al modelo a la predicción	ET. IM-P	0	0	1	0	0	1	1	1	4
Enunciado de transición. De la explicación a la predicción	ET. E-P	0	2	1	2	2	1	1	0	9
Enunciado de transición. De la explicación a la observación	ET. E-O	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Enunciado de transición. De la predicción a la observación	ET. P-O	0	3	2	4	3	2	2	1	17
Enunciado de transición. De la observación a la explicación	ET. O-E	1	3	3	3	3	2	2	1	18
Enunciado de transición. De la explicación al cierre	ET. E-C	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Total de ET por grupo		3	9	8	12	10	8	7	5	62

Los *enunciados de transición* de mayor frecuencia son los que representan el paso de la *Observación* a la *Explicación* (ET. O-E=18), si se considera que en total se identificaron 18

episodios con el objetivo de *Explicación* (Tabla 4.1), se evidencia que todos los episodios que tenían por objetivo realizar una *Explicación* se realizaron después de una *Observación*, teniendo en cuenta la estructura de una POE. Del mismo modo, se identificaron 17 enunciados de transición entre las actividades que tenían por objetivo que el alumnado realizase una *Predicción* y una *Observación* (ET. P-O=17), evidenciando que todas las predicciones se realizaron antes de una observación.

En la Figura 4.1 se representa la estructura de las prácticas dialógicas de todos los grupos organizados según la idea clave asignada, a partir de la identificación del objetivo didáctico de cada episodio, su extensión relativa (Tabla 4.2), y su secuenciación durante el desarrollo de la práctica. Así, es posible reconocer que a lo largo de las prácticas dialógicas se realizaron ciclos POE completos (n=16) y/o incompletos (n=4) Figura 4.1. En 7 de las 8 transcripciones analizadas las maestras recurren a uno o más ciclos POE. En los grupos G7 y G1 se realizaron tanto ciclos completos como ciclos incompletos, aunque en la mayoría de los grupos (G6, G3, G2, G5 y G8) identifican también ciclos POE completos. Si bien no se observa un patrón en la estructura de todos los grupos, es posible identificar que 6 de los 8 grupos incorporan un episodio de *Introducción al modelo* y uno o más ciclos completos *POE*, tal y como se observa en la Figura 4.1.

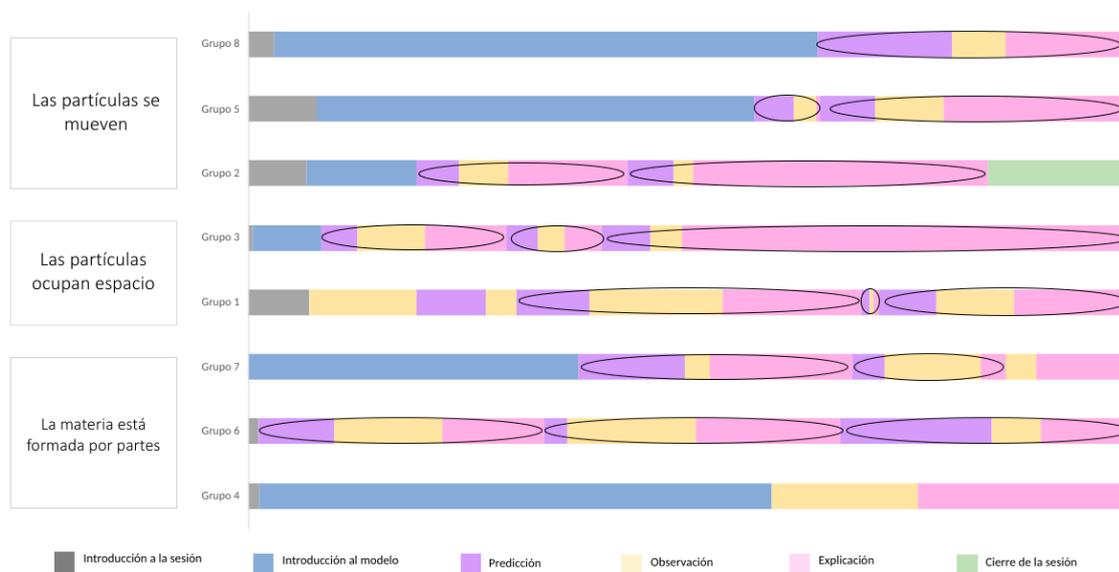


Figura 4.1. Estructura de las sesiones por grupo (agrupados por idea clave) según el objetivo didáctico de los episodios. Se destacan, con una forma ovalada, los ciclos POE completos.

La presencia de más de un ciclo POE evidencia que estas propuestas son ciclos no lineales e iterativos, lo que también es coherentes con el ciclo de indagación de Pedaste et al. (2015), ya

que se plantean hipótesis, se experimenta, se interpretan los datos y generan conclusiones. A pesar de ello, se descuidan los procesos metacognitivos.

Si se analizan estas propuestas en relación con el ciclo de aprendizaje (Jorba & Sanmartí, 1996) se observa estas prácticas incluyen las fases de Exploración, tanto en los episodios de Introducción al modelo, como en los de Predicción, en los que las maestras indagaron sobre los modelos iniciales del alumnado. Además, se incluye la fase de Introducción de nuevos conocimientos en situaciones que fueron sucesivamente más abstractas. A pesar de ello, estas prácticas carecen, en primera instancia, de la fase de Estructuración y Síntesis, que implica un mayor nivel de abstracción, y que permitiría al alumnado reconocer el nuevo modelo. En segunda instancia, carecen de la fase de Aplicación que permitiría al alumnado poner a prueba el modelo en diferentes y nuevas situaciones. Como consecuencia, tampoco se promovieron los procesos de regulación y autorregulación del aprendizaje. Solo en algunos momentos en los que las maestras parecen buscar la Reflexión, como por ejemplo en el episodio de *Explicación* del grupo G4 en el que se pide al alumnado que vuelva a hacer las *Representaciones Gráficas* realizadas en el episodio de *Introducción al modelo*, después de haber hecho toda la práctica, aunque no se profundiza en las razones de las modificaciones, ni se conectan los cambios con las observaciones realizadas.

También se observa durante el episodio de *Cierre* del grupo G2 en el que las maestras preguntan al alumnado qué es lo que han aprendido y qué es lo que les ha sorprendido de la experimentación, no profundizan en ello y sólo representan 6 turnos de habla en este grupo. Esto se debe a que cada estudiante presentó solo conclusiones generales, al contrario de lo que podría hacerse en un proceso más sofisticado, en el que se reflexionara sobre cada uno de los momentos de la sesión y cuáles de ellos llevan a la construcción de estas conclusiones.

#### 4.1.2 ¿Qué recursos usan las maestras en las prácticas dialógicas?

Para categorizar los recursos utilizados en las prácticas dialógicas, se consideró la clasificación propuesta por Oliva (2021) (Tabla 4.4) la cual fue adaptada añadiéndose categorías que hacen referencia al origen de los recursos, esto es, si eran tomados o adaptados de las clases de la asignatura (Cl) o si eran propios o tomados de otras fuentes (Pr).

Así se identificaron 52 recursos, el 42,3% de los cuales fueron tomados de clase (Cl), y el resto fueron recursos no propuestos en las clases de la asignatura (Pr). La mayoría de los grupos (G6, G7, G3, G2 y G5) combinaron el uso de recursos tomados de clase con otros diferentes (Tabla 4.4), a excepción de los grupos G4 y el G1 en los que solo se emplearon

recursos no usados en clase, y el grupo G8 que solo utilizó recursos tomados de las clases de la asignatura.

En la Tabla 4.5 se observa que las maestras en formación emplearon diferentes tipos de recursos, de los cuales, los más frecuentes fueron las *Experimentaciones* (36,5%) seguido de los *Modelos Físicos* (23,1%). Además, utilizaron *Analogías* (13,5%), *Personificaciones* (9,6 %), *Representaciones gráficas* (9,6%), *Representaciones mentales* (7,7%). Se observó que los grupos G5 y G3 combinaron el uso de 5 tipos de recursos diferentes siendo los que más diversidad propusieron. Mientras que el grupo G6, utilizando solo *Modelos físicos*, fue el que presentó menor diversidad. En ninguno de los grupos se utilizaron todas las tipologías de recursos.

Se realizaron un total de 19 *Experimentaciones* (36,5%), entre las que destaca la de la gota de tinta en agua caliente y/o fría, que fue realizada por 5 grupos (G7, G3, G2, G5 y G8) (Tabla 4.4 y Tabla 4.5). Particularmente, de los tres grupos que abordaron la idea clave "*las partículas se mueven*" los grupos G2 y G5 decidieron poner una gota de tinta en agua fría primero, y en otro momento una gota de tinta en agua caliente, mientras que en el grupo G8 realizó las mezclas de tinta en agua fría y en agua caliente en simultáneo, para así poder compararlas al mismo tiempo. Esta experimentación había sido utilizada por la docente a cargo de la asignatura.

El grupo G6 no realiza *Experimentaciones*, sino que utiliza solo *Modelos Físicos* que son manipulados en diferentes episodios. Así, proponen verter agua y tinta sobre un trozo de porexpán, y luego presentan un recipiente en el que incorporan bolas de diferentes tamaños para observar si hay cambios en el volumen al agregarlos todos juntos.

Tabla 4.4. Tipo de recursos y origen de estos, identificados por grupo.

Tipo de Recurso	Descripción	La materia está formada por partes									Las partículas ocupan espacio						Las partículas se mueven									f del tipo de recurso y origen					
		G4			G6			G7			G1			G3			G2			G5			G8								
		fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	fr	Or	for	ft	Or	for
Analogías	Relaciones de similitud entre dos dominios establecidos, uno más conocido y familiar, y otro menos conocido y alejado de la experiencia.	0	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	2	Cl	0	1	Cl	0	1	Cl	1	2	Cl	1	1	Cl	1	7	Cl	3			
			Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	2		Pr	1		Pr	0		Pr	1		Pr	0		Pr	0		Pr	4
Personificaciones	Son un tipo de acciones corporales, en las que las maestras usan su propio cuerpo como análogo del sistema representado.	0	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	1	Cl	0	3	Cl	0	1	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	5	Cl	0			
			Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	1		Pr	3		Pr	1		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	4
Modelos físicos	Objetos construidos para representar un objeto real, normalmente para visualizar, a tamaño diferente, la estructura de un sistema.	1	Cl	0	4	Cl	2	5	Cl	0	0	Cl	0	1	Cl	1	0	Cl	0	1	Cl	1	0	Cl	0	12	Cl	4			
			Pr	1		Pr	2		Pr	5		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	8
Representaciones gráficas	Representaciones para visualizar algunas características de un fenómeno	2	Cl	0	0	Cl	0	1	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	1	Cl	1	1	Cl	1	5	Cl	2			
			Pr	2		Pr	0		Pr	1		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	3
Representaciones mentales	Experimentos realizados mentalmente sin necesidad de que se ejecuten realmente, y propuestas para que emerjan las representaciones mentales del alumnado	0	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	0	Cl	0	1	Cl	1	1	Cl	1	1	Cl	1	1	Cl	1	4	Cl	4			
			Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0
Experimentaciones	Experimentos ejecutados realmente, en los que el alumnado manipula u observa.	1	Cl	0	0	Cl	0	4	Cl	1	6	Cl	0	3	Cl	3	2	Cl	2	2	Cl	2	1	Cl	1	19	Cl	9			
			Pr	1		Pr	0		Pr	3		Pr	6		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	0		Pr	10
Tipo de Recurso por grupo		3	Cl	0	4	Cl	2	10	Cl	1	9	Cl	0	9	Cl	5	5	Cl	4	7	Cl	6	4	Cl	4	52	Cl	22			
			Pr	4		Pr	2		Pr	9		Pr	9		Pr	4		Pr	1		Pr	1		Pr	0		Pr	0		Pr	30

Tabla 4.5. Experimentaciones identificadas por grupo.

Idea clave	Grupo	Tipo de experimentación	Origen del recurso
La materia está formada por partes	G4	Presionan jeringas que contienen agua, aire y yeso.	Pr
	G6	Observación del agua hirviendo	Pr
	G7	Tinta en hielo	Pr
		Tinta en agua	Cl
		Tinta en aire en movimiento	Pr
Las partículas ocupan espacio	G1	Observan el interior de una botella y la manipulan con y sin tapón	Pr
		Colocan una pelota de papel al fondo de un vaso y lo sumergen horizontalmente	Pr
		Colocan una pelota de papel al fondo de un vaso y lo sumergen verticalmente	Pr
		Colocan una pelota de papel al fondo de un vaso con un agujero y lo sumergen verticalmente	Pr
		Colocan una pelota de papel al fondo de un vaso con un agujero con una pajilla, y lo sumergen verticalmente	Pr
		Colocan una pelota de papel al fondo de un vaso con un agujero con una pajilla tapada	Pr
	G3	Colocan una gota de tinta en el vaso con agua	Cl
		Mezclan sal en un vaso con agua	Cl
		Agregan una gota de tinta a la mezcla de agua con sal	Cl
Las partículas se mueven	G2	Una gota de tinta en agua fría	Cl
		Una gota de tinta en agua caliente	Cl
	G5	Una gota de tinta en agua fría	Cl
		Una gota de tinta en agua caliente	Cl
	G8	Gota de tinta en agua fría y otra gota en agua caliente, en simultáneo	Cl

Los *Modelos Físicos* empleados representaron el 23,1 % del total de los recursos (n=52) y fueron utilizados por 5 de los 8 grupos (Tabla 4.4). Entre ellos destaca el uso de recipientes con objetos de distintos tamaños para representar partículas diferentes. Este recurso fue utilizado por la docente a cargo de la asignatura para representar una disolución entre alcohol y agua, utilizando garbanzos y arroz.

El uso de *Modelos Físicos* predominó en los grupos que abordaron la idea clave “La materia está formada por partes” (G4, G6 y G7). En el grupo G7 utiliza tres maracas, con más o menos objetos en su interior, para representar los tres estados de la materia; el grupo G6 utiliza un modelo con *porexpan*, para representar las partes de un sólido y, por último, las maestras del grupo G4 representaron las partículas del agua utilizando granos de arena.

Las *Analogías* representaron el 13,5% del total de los recursos identificados (n=52), estas fueron utilizadas por los grupos que abordaron las ideas “*Las partículas ocupan espacio*” y “*Las partículas se mueven*” (Tabla 4.4). Los grupos G2, G5 y G8 adaptaron una analogía presentada por la docente a cargo de la asignatura, con el objetivo de explicar el movimiento de las partículas, asociándolo a un concierto. Las adaptaciones se debieron a la necesidad de presentar contextos más cercanos a las niñas y niños por lo que hicieron referencia o bien a una plaza, o bien a un partido de fútbol.

En dos de los grupos (G5 y G3), las *analogías* se utilizan para describir a las partículas como partes de algo. En uno de ellos un estudiante se refiere a las partículas como “*pixeles de la materia*” (G5), lo cual es utilizado posteriormente por las maestras en formación. En el otro caso, las maestras se refieren a las partículas como a piezas de un rompecabezas (G3).

Por otra parte, las *personificaciones* representan el 9,6 % de los recursos (n=52) y en todos los casos fueron realizadas por las maestras en formación, con o sin la participación del alumnado, con el objetivo de representar el comportamiento de las partículas, utilizando manos o todo el cuerpo (Tabla 4.4). En dos de los casos (G1 y G2), las maestras personificaron las analogías presentadas, es decir, en el caso del grupo G2 representaron junto al alumnado la analogía de la plaza, y en el caso del grupo G1, representaron la analogía propuesta al plantear que para que entre gente en una habitación llena primero algunas personas deben salir.

Otro recurso utilizado fue el de las *Representaciones Gráficas* que constituyen también el 9,6% de los recursos (n=52) utilizados. En la mayoría de los casos las maestras propusieron al alumnado dibujar la materia por dentro, para así representar su modelo inicial, recurso utilizado en las clases de la asignatura (Tabla 4.4). Solo una representación gráfica es diferente, y es la propuesta que hacen las maestras del G7 al dibujar unas pelotas en un papel y alejar el dibujo cada vez más hasta que el alumnado no distingue las pelotas dibujadas. Esta *Representación Gráfica* se propuso con el objetivo de explicar por qué no es posible ver las partículas a simple vista.

También, las maestras también propusieron al alumnado el uso del recurso de las *Representaciones mentales: Gafas imaginarias super potentes* (7,7%) imaginar cómo es la materia por dentro. Con esto se pretendía que el alumnado imagine y exprese las ideas que poseen sobre el modelo corpuscular de la materia (G3, G2, G5 y G8).

En general se observó que los grupos que comparten la misma idea clave del modelo emplearon tipologías de recursos similares o en algunos casos iguales (Tabla 4.4). De los grupos que abordaron la idea “*La materia está formada por partes*”, el grupo G4 y el grupo G7

utilizaron la misma tipología de recursos (*Modelos físicos, Representaciones Gráficas y Experimentaciones*), mientras que el grupo G6 sólo empleó *Modelos Físicos*.

Por su parte, los grupos que desarrollaron la idea clave "*Las partículas ocupan espacio*" coincidieron en 3 de los tipos de recursos empleados (*Analogía, Personificación y Experimentación*) mientras que el grupo G3 empleó además un *modelo físico* durante el desarrollo de su práctica dialógica (Tabla 4.4). Estos grupos hicieron el mayor uso de las personificaciones observadas.

Finalmente, los grupos que tenían por objetivo la idea de "*Las partículas se mueven*" coincidieron en el uso de *Analogías, Representaciones mentales y Experimentaciones*, pero difirieron en el uso de las otras tipologías (Tabla 4.4). Estos grupos se caracterizaron también por presentar la mayoría de los recursos tomados de la asignatura (CI) (Tabla 4.4).

En general, se utiliza una combinación de diferentes recursos y un predominio de la *Experimentación*. Además, se observó que las maestras promueven la participación activa del alumnado en el uso de los recursos, e incluso sistematizan su uso para reinterpretar el modelo, como en el caso del grupo G7 en el que vuelven al *modelo físico* (maracas) en distintos episodios, o en el caso del grupo G3 en el que recurren a la personificación para volver a explicar lo observado durante la *Experimentación*.

Estos resultados coinciden con estudios previos en los que se observa que los diferentes tipos de recursos utilizados tienen potencial para desencadenar procesos de modelización en ciencias, ya que pueden ayudar a la visualización de ideas abstractas, permiten el acercamiento a fenómenos difíciles de imaginar y posibilitan el cambio en la magnitud de escalas a otras más cercanas (Oliva, 2021). Aunque tal y como han descrito otros autores, su utilidad depende de la manera en la que se emplean en el aula (Kozma, 1994; Oliva, 2021).

Ahora bien, no siempre las maestras han sabido sacar provecho del recurso. Por ejemplo, en el grupo G5, se solicita al alumnado el uso de las *Gafas imaginarias* para imaginar el agua por dentro y luego que dibujen eso que imaginan. En la conversación que se desarrolla mientras dibujan, un estudiante propone dibujarse dentro del agua nadando, y las maestras no lo cuestionan, hecho que revela que no se comprende la idea del uso de las gafas imaginarias.

Una de las limitaciones para la modelización que puede presentar el uso de los recursos, es cuando estos reemplazan al fenómeno o al modelo (Oliva, 2021), como se observó en el caso del grupo G6, en el que se evidenció la dificultad que tuvieron las maestras en "salir" del Modelo Físico, para conectarlo con el modelo científico. Esta dificultad se detallará en el apartado 4.5.

Estos resultados, plantean la necesidad de seleccionar recursos que permitan visualizar las características del modelo que se pretende abordar, haciendo explícita la reflexión didáctica de estos durante la formación del profesorado. Esto se relaciona con lo observado en el grupo G1 en el que las maestras seleccionaron recursos para abordar la idea de que el aire ocupa espacio, y esto no les permitió alcanzar la idea de que las partículas ocupan espacio, debido a que el desarrollo de la sesión, y la selección de los recursos se orienta a abordar una idea a escala macro.

## 4.2 Resultados y discusión de la Dimensión Dialógica

A continuación, se presentan los resultados y la discusión vinculados a la dimensión dialógica. Inicialmente se exponen los resultados obtenidos al considerar la distribución de los turnos de habla; el análisis del enfoque comunicativo que caracteriza cada uno de los episodios y la tipología de los enunciados de las maestras.

### 4.2.1 ¿Cómo se distribuyen las interacciones a lo largo de la sesión?

Tal y como se explicó en el capítulo 3, a partir de la codificación de cada uno de los turnos de habla de las participantes de la práctica dialógica se determinó la frecuencia de los turnos de habla de las maestras y el alumnado. Se observa que a lo largo de las prácticas dialógicas la frecuencia de los turnos de habla de las maestras y estudiantes son similares (Figura 4.1), siendo las maestras quienes tienen una mayor frecuencia de turnos de habla, a excepción del grupo G1 y el grupo G8 en los que se registra una mayor participación del alumnado.

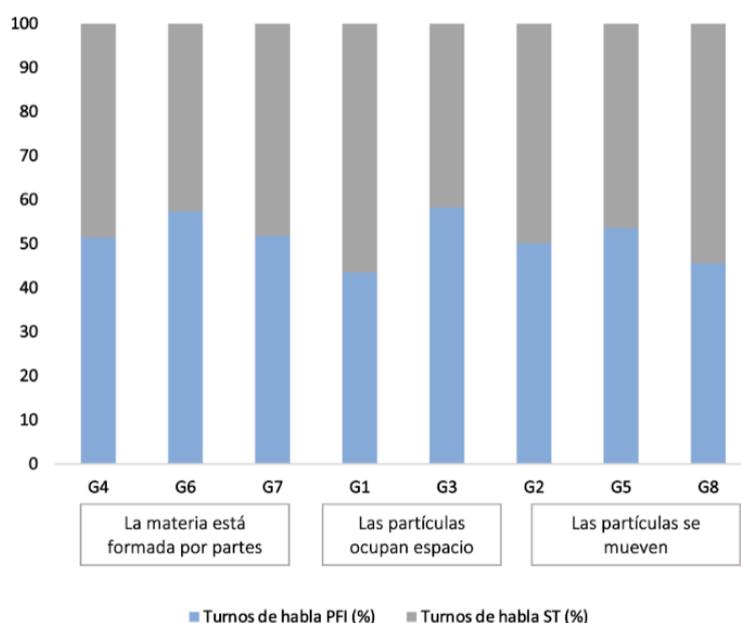


Figura 4.2. Frecuencia relativa de los turnos de habla de maestras (PFI) y de estudiantes (ST).

Como puede observarse en la Figura 4.3, los turnos de habla alternan principalmente entre estudiantes y maestras, lo cual muestra una bidireccionalidad en el diálogo en el que las intervenciones docentes son seguidas de una intervención por parte del alumnado.

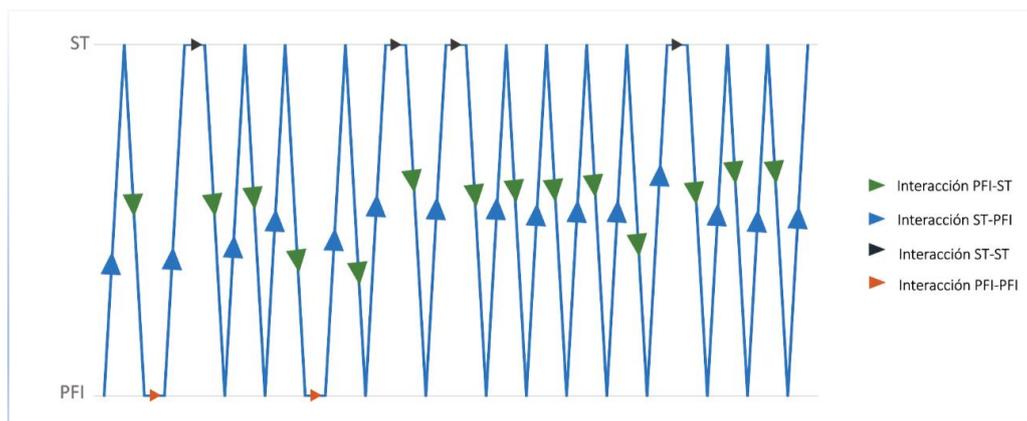


Figura 4.3. Distribución de los turnos de habla de maestras (PFI) y estudiantes (ST). El ejemplo corresponde al segundo episodio con el objetivo de observar (O2) del grupo 5 (G5).

A pesar de que la interacción más común es maestra-estudiante, también se ha podido observar momentos en los que el alumnado interactúa entre sí (Figura 4.4). En general, se corresponden a una serie de 3 a 5 enunciados de estudiantes en los que opinan respecto al tema en cuestión. En el ejemplo de la Figura 4.4, el alumnado interactúa para predecir. Son momentos donde no hay una interacción entre los niños y niñas, si no que todas responden a la pregunta de la maestra.

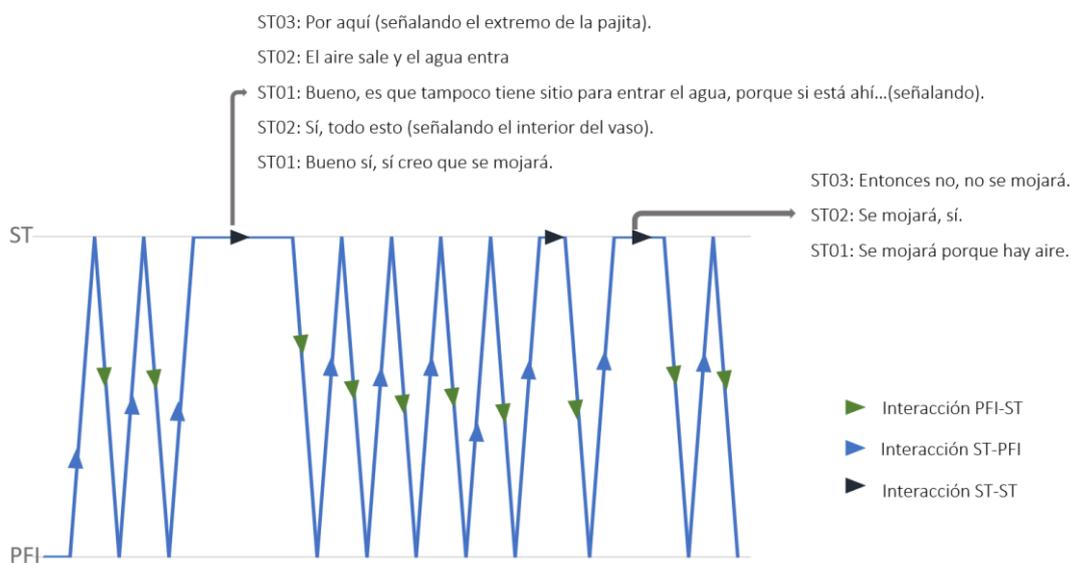


Figura 4.4. Distribución de los turnos de habla de maestras (PFI) y estudiantes (ST). El ejemplo corresponde al quinto episodio con el objetivo de predecir (P5) del grupo 1 (G5). Se incluyen los fragmentos de los diálogos ST-ST.

Las interacciones maestra-maestra (Figura 4.3) tienen por objetivo reformular para aclarar alguna pregunta, hacer algún aporte para poder avanzar en el desarrollo de la idea, o para hacer alguna pregunta luego de dar alguna pauta tal como indica el ejemplo que se presenta a continuación:

“G5\_333. PFI17: ¡ ara una gota el ST15

*G5\_334. PFI19: Que està passant?"*

En definitiva, que la distribución de los turnos sea equitativa indicaría el interés de las maestras en hacer las clases participativas, aunque de acuerdo con Gomez Zaccarelli et al. (2018) este formato se corresponde a un nivel inicial llamado de “instrucción”, en la que el alumnado no participa de discusiones y el diálogo es uno a uno (Maestra-Estudiantes). En esta tesis se ha constatado la dificultad de enseñar a promover estas dinámicas de conversación (Gómez Zaccarelli et al., 2018). Esto lleva a reflexionar sobre la complejidad que implicaría para las maestras el favorecer discusiones estudiante-estudiante, así como reflexionar acerca de este tipo de interacciones, que saquen del centro de la clase a la docente.

#### 4.2.2 ¿Con qué enfoque comunicativo se desarrollan los episodios a lo largo de las prácticas dialógicas?

Para analizar la interacción de las maestras con el alumnado y si las ideas del alumnado son tenidas en cuenta, se codifica el enfoque comunicativo de cada uno de los episodios (nivel meso), considerando las categorías propuestas por Scott et al (2006): Interactivo-Dialógico; No interactivo- Dialógico; Interactivo- Autoritativo y No interactivo- Autoritativo.

Es importante mencionar que, si bien se atribuyó un código para cada episodio, al primero de la práctica dialógica desarrollada por el grupo G8, cuyo objetivo es la *Introducción al Modelo*, se le asignó dos códigos. Esto se debe a que se observó una marcada diferencia en el enfoque comunicativo durante su desarrollo. Inicialmente, las maestras solicitan al alumnado que elabore y explique un dibujo sobre cómo imaginan la materia por dentro. Esta parte del episodio fue codificada como *Interactiva-Dialógica* debido a que las maestras animaron al alumnado a presentar sus ideas pidiendo que desarrollen sus puntos de vista con el propósito de explorar y sondear las opiniones del alumnado sobre qué es la materia. Así, se observa cómo las docentes adoptan una postura neutral al no ofrecer comentarios evaluativos y animando al alumnado a exponer sus ideas, solicitando que desarrollen y expliquen los detalles:

*"G8\_26. PFI28: a que us sona matèria?"*

*G8\_27. ST25: es que em sona a material*

*G8\_28. ST28: mates*

*G8\_29. PFI27: mates?"*

*G8\_30. ST25: material*

*G8\_31. PFI27: material?"*

- G8\_32. ST26: *matèria, pues per exemple: english mates català*
- G8\_33. PFI27: *vale, vale*
- G8\_34. PFI28: *no ho relacioneu amb algú mes tipo física, química?*
- G8\_35. ST27: *ah si, mates[...]*
- G8\_37. ST27: *tenim educació. física, itineraris d'aprenentatge*
- G8\_38. PFI27: *vale i si et diem matèria tu q creus q es?*
- G8\_39. ST28: *emm química?*
- G8\_40. ST27: *física i química*
- G8\_41. PFI29: *feu física i química?*
- G8\_42. PFI27: *i que es?*
- G8\_43. ST26: *ciència*
- G8\_44. PFI27: *vale i que, anem be anem be*
- G8\_45. PFI28: *i que feu a ciència?*
- G8\_46. ST26: *geografia*
- G8\_47. ST28: *res, perquè no fem*
- G8\_48. ST27: *Bueno*
- G8\_49. ST25: *fem mates*
- G8\_50. ST27: *itinerari seria com ciència, però normalment fem itinerari*
- G8\_51. ST28: *o sigui, normalment no fem experiments ni res*
- G8\_52. ST27: *fem experiments de menjar-nos una taronja i ja"*

Mientras el episodio se desarrollaba y al desviarse el tema de la discusión, las docentes optan por interrumpir la conversación y reenfoclarla a través de preguntas que pretendían que el alumnado nombre a las partes que componen la materia. De esta manera, el episodio cambia a un enfoque *Interactivo-Autoritativo*, que se mantuvo a lo largo de los siguientes episodios, hasta finalizar de la sesión.

Al analizar las prácticas dialógicas en su totalidad, se observa que todas ellas presentan un enfoque *Interactivo*, es decir, que se promueve la participación de las maestras y de todo el alumnado, tal como se evidenció en las Figura 4.3 y Figura 4.4, por lo tanto, no se identificaron episodios con un enfoque *No Interactivo* (Scott, et al 2006).

Además, se observa un predominio general del enfoque *Interactivo-Autoritativo*, lo que implica que, de un total de 70 episodios categorizados, el 68,6% se corresponden con este enfoque comunicativo, mientras que el 31.4% de los episodios (n=70) se corresponde con uno *Interactivo-Dialógico* (Figura 4.5). De este modo, se observa que, en la mayoría de los casos, las

maestras conducen a los estudiantes a través de una secuencia de preguntas que buscan llegar a una idea específica y consolidarla. Es decir, las prácticas dialógicas no son guiadas por preguntas ingenuas y espontaneas, si no que tienen por objetivo reenfocar la discusión para abordar el contenido científico. Esto se evidencia en el paso de enfoque Interactivo-Dialógico al Interactivo-Autoritativo. Así, la autoridad la da el conocimiento de quien guía la actividad, teniendo como objetivo la idea calve del modelo que se quiere construir y el aprendizaje se pretende desarrollar. Por ejemplo, como se muestra en el fragmento que se presenta a continuación, tomado del grupo G7, hay momentos en los que las maestras tiene un objetivo y al no obtener las respuestas esperadas, deciden cambiar de recurso para lograrla, con un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo*.

[...] “G7\_58. PFI24: *si es matèria, Bueno, doncs què creieu què hi ha dins l’aigua?*”

G7\_59. ST26: *aigua*

G7\_60. ST25: *líquid*

G7\_61. ST24: *com?*

G7\_62. PFI24: *què hi ha dins l’aigua? tu mires l’aigua, mireu aquí dins (olla amb aigua), què hi ha dins l’aigua? (remena amb la mà)*

G7\_63. ST26: *aigua*

G7\_64. ST24: *hi ha molta brutícia*

G7\_65. PFI24: *si hi ha molta brutícia, però si jo agafó aigua que estic agafant?*

G7\_66. ST26: *aigua*

G7\_67. PFI24: *i ja està, només aigua?*

G7\_68. ST25: *líquid*

G7\_69. PFI24: *líquid, vale. Anem a veure de què està feta la matèria, vale? A veure si arribem a l’aigua després.*

G7\_70. PFI24: *Veieu aquests 3 pots d’aquí, que els direm les maraques?[...]”*

Si analizamos los resultados en función de la idea a construir (Figura 4.5), los tres grupos que tenían el objetivo de abordar la idea “*La materia está formada por partes*” (G4, G6 y G7) presentaron sólo un enfoque *Interactivo-Autoritativo*, mientras que en los otros grupos se observaron las dos tipologías, y que estas se alternan (Figura 4.6).

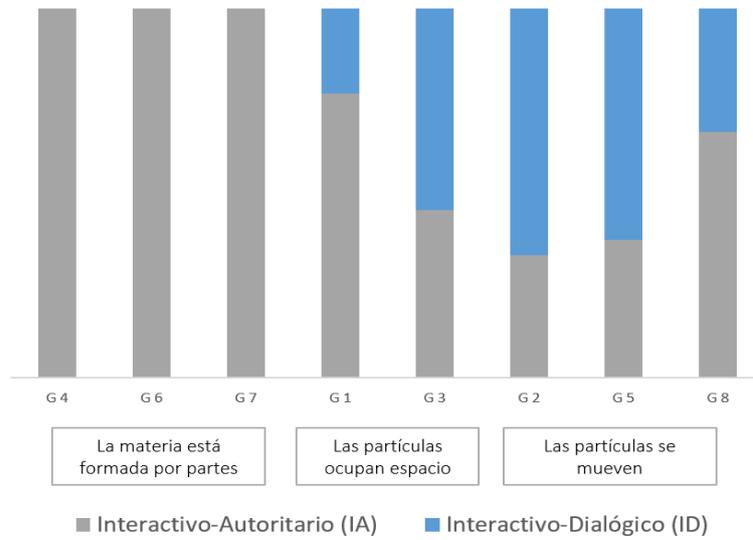


Figura 4.5. Tipología de enfoque comunicativo por grupo.

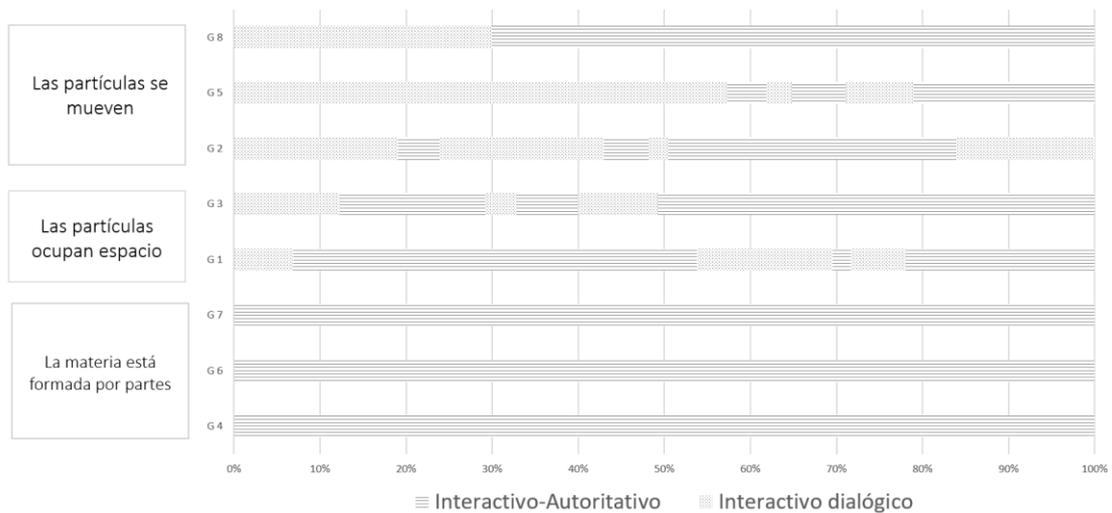


Figura 4.6. Tipología de enfoque comunicativo por grupo durante el desarrollo de las prácticas.

También se observa que los grupos que presentan los dos tipos de enfoque comunicativo inician la sesión con un enfoque *Interactivo-Dialógico*, en el que se observa, como se discutirá en apartados posteriores, que el objetivo es que el alumnado haga explícitos sus modelos iniciales. Los episodios con este enfoque comunicativo son seguidos por uno *Interactivo-Autoritativo*. Se observa además que 7 de los 8 grupos cierran la sesión con un enfoque *Autoritativo*. Sólo en el grupo G2 se observa un episodio final con enfoque comunicativo *Interactivo-Dialógico* al finalizar la sesión, con el objetivo didáctico de *Cierre de sesión*, en el que se dialoga sobre el interés de las niñas y niños por la ciencia y las clases de la escuela y no sobre la idea clave del modelo corpuscular de la materia.

### 4.2.3 ¿Qué tipo de enunciados usan las maestras en la práctica dialógica?

Para analizar en detalle la tipología de enunciados docentes en la construcción de la idea clave del modelo, se codificó cada uno de los enunciados de las maestras, presentes en los episodios en los que se abordó el contenido científico, es decir, se excluyeron los enunciados correspondientes los episodios de inicio y cierre de la sesión. Para la categorización y subcategorización se empleó una adaptación de la propuesta de Vergara Sandoval (2022), tal como se mencionó en el capítulo de metodología.

De un total de 1448 turnos de habla de las maestras, se categorizaron y subcategorizaron 1500 enunciados correspondientes a los episodios con los objetivos didácticos de *Introducción al modelo, Predicción, Observación, y Explicación*. Cabe aclarar que algunos de los turnos de habla de las maestras fueron más extensos, por lo que se identifican en cada uno de ellos dos o más enunciados. Al categorizar los datos se observó un predominio de los enunciados con el objetivo de *solicitar* al alumnado, por sobre otras categorías como *aportar, recuperar o reconocer* (Figura 4.7). Todas las categorías fueron identificadas en todos los grupos, y además se observa que la distribución de las categorías es similar entre los grupos. La relevancia de la categoría *Solicitar* da cuenta de la intención de las maestras de generar una práctica interactiva, en la que se insta al alumnado a que presente sus ideas a lo largo de la sesión.

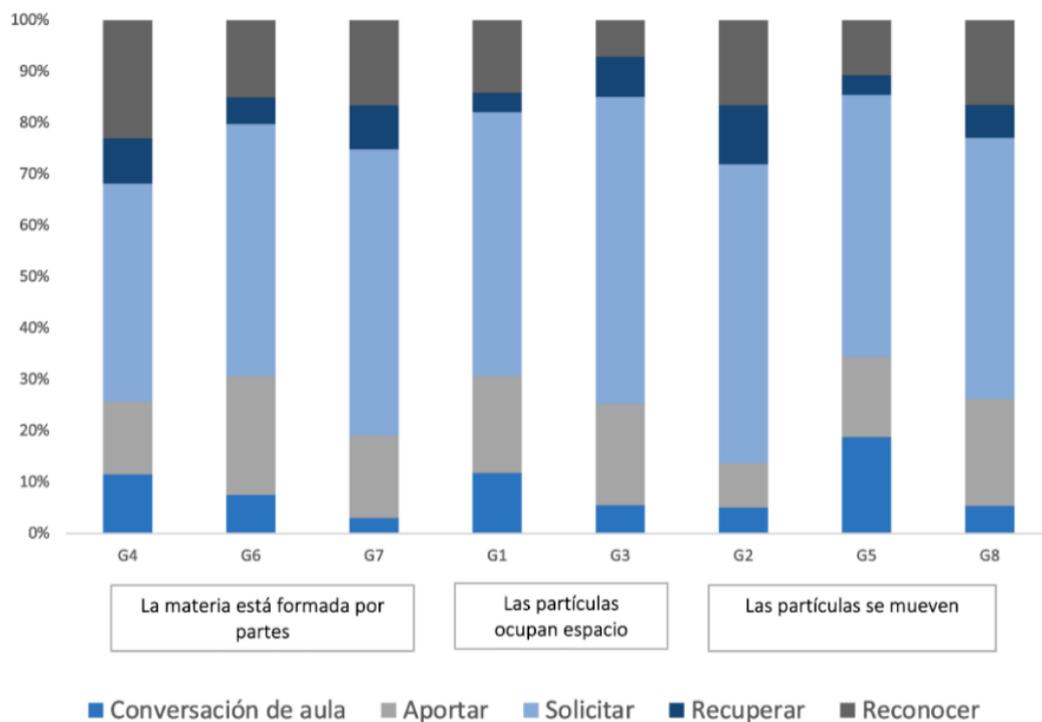


Figura 4.7. Frecuencia relativa de las categorías de enunciados docentes por grupo.

Dentro de la categoría *Solicitar*, la subcategoría *Solicitar Descripción Fenomenológica* es la más frecuente, en ella se incluyeron todos los episodios en los que se pide al alumnado que mencione cualidades, propiedades o comportamientos de un objeto, hecho o fenómeno concreto. Además, incluye aquellos enunciados en los que se solicita la descripción y o narración de un montaje experimental:

*“G1\_124. PFI02: Yo lo sumerjo tal cual, y lo quito. ¿Qué ha pasado?”*

*“G1\_130. PFI01: Y, ¿os habéis fijado? ¿ha salido alguna cosa por aquí? (Señala una parte del recipiente).”*

*“G1\_191. PFI04: Y, ¿ha sido fácil sumergir el vaso? o, ¿te ha costado un poquito?”*

Los numerosos enunciados de la subcategoría *Solicitar Descripción Fenomenológica* se relaciona con que las maestras solicitan a cada niña y niño que describa lo observado, considerando diferentes variables. Por ejemplo, en el experimento de la gota de tinta en agua, solicitan que se refieran al color de la mezcla, la velocidad en la que sucede en agua fría en comparación con el agua caliente, entre otras.

Dentro de la categoría *Aportar*, han predominado los enunciados correspondientes a la subcategoría relacionada a la descripción fenomenológica (Tabla 4.6), a través de aportes como los siguientes:

*“G6\_128.PFI21: Antes con el agua no lo veíamos, pero ahora con la tinta se ve mucho más claro, [...]”*

*“G6\_131.PFI21: Perfecto y con la tinta sí que vemos que ha pasado del todo. antes teníamos un poco de dudas allí. Ahora llega hasta abajo del todo. Entonces podríamos incluso partirlo. Fijaros por aquí.... ¿Y qué pasa?”*

Esto muestra la relevancia que las maestras asignan al fenómeno y a las evidencias para ayudar a construir el conocimiento, aunque la menor frecuencia de enunciados que *aporten o soliciten justificaciones y explicaciones* podría evidenciar también la dificultad de establecer conexiones entre el fenómeno y el modelo.

Dentro de la categoría *Conversación de aula*, la subcategoría *Pauta la actividad* es la más frecuente y es el grupo G5 es el que más lo utiliza (Tabla 4.6). El uso de este tipo de enunciado se hace para indicar las características que debe tener la representación gráfica que desarrollan, para lo cual proponen enunciados como los siguientes:

*“[...]G5\_42. PFI18: Hem de fer tres dibuixos al paper, dividiu el paper en tres parts com ha fet la Júlia.*

*“G5\_43. PFI17: Posem un títol a cada part, a la primera aigua, a la segona tinta i a la tercera aigua mes tinta*

*G5\_44. PFI18: El símbol de les sumes[...]*

*[...]G5\_53. PFI17: Dibuixeu, dibuixeu!*

*G5\_54. PFI18: Intenteu-ho, el que creieu. Després cada un explicarà el seu dibuix. [...]*”

La categoría *Recuperar* fue la menos frecuente, y dentro de esta, la más representativa fue la subcategoría *Recuperar para Orientar* (Tabla 4.6). Estos enunciados tienen por objetivo recuperar enunciados del alumnado en instancias previas, con la finalidad de recapitular, ordenar, y orientar la discusión a través de una propuesta ordenada, continua y explícita hacia la idea que se pretende abordar. Así, por ejemplo, en el grupo G8 se proponen los siguientes:

*“G8\_292. PFI27: [...] Abans m’heu dit un altre nom. Un ha dit líquid, un altre ha dit: “peto una bombolla i surt...”?”*

*“G8\_354. PFI27: Ha dit que serà diferent amb l’aigua calenta i amb l’aigua freda.”*

*“G8\_386. PFI28: Tu anaves molt bé, vale? Si jo m’estic movent, jo tinc calor pero si estic quieta jo tinc fred.”*

La subcategoría más frecuente en general y dentro de la categoría *Reconocer*, es la subcategoría *Validar* (Tabla 4.6). Este tipo de enunciados se observa con el propósito de validar o destacar inmediatamente una idea del alumnado, para que continúe el desarrollo de sus ideas. Esto no implica que se consideren correctas, sino que validan al alumnado a continuar presentando sus ideas. Algunos ejemplos de esto son:

*“G7\_101. PFI24: Perquè son microscòpiques. Ja esta, super bé. Molt bé.”*

*“G7\_141. PFI25: si exacte, mira va molt bé que diguis això.”*

Entre los grupos que abordan la idea clave *“Las partículas se mueven”* destacan los enunciados correspondientes a la subcategoría *Solicitar concreción*, que son utilizados con el propósito de lograr que el alumnado detalle, replantee, refine, especifique, profundice y/o aclare de una idea que se ha mencionado previamente. Ejemplo de ello son los siguientes:

*“G8\_268. PFI29: I tu què has dit abans? Al fred què li passa?”*

*“G8\_280. PFI28: Els objectes? Com són?”*

*“G8\_321. PFI28: I què més? La matèria està formada per?”*

Al analizar la dimensión dialógica, en general se observa un patrón IRE (pregunta de iniciación, respuesta del alumnado, evaluación de la docente), que rara vez presenta una alta demanda cognitiva (Lemke, 1990). A pesar de ello, también se observaron enunciados más

complejos que promueven el razonamiento, por ejemplo, los enunciados de las categorías *Solicitar una Justificación* o *Solicitar una Explicación*. A través de estos enunciados las maestras proponen al alumnado que construya una explicación del fenómeno a partir de lo observado, considerando, en algunos casos, las ideas claves del modelo. Es decir, no siempre utilizan preguntas reproductivas, sino que en algunos casos requieren de los razonamientos del alumnado.

El predominio de enunciados orientados a la descripción fenomenológica, ya sea de aportar o solicitar, puede valorarse como positiva debido a que, para los procesos de modelización, es importante partir de una buena descripción del fenómeno (Jiménez-Liso et al., 2021). El análisis de la relación entre las evidencias y las ideas clave del modelo se discuten en apartados posteriores.

Tabla 4.6. Frecuencia relativa de las subcategorías de las tipologías de enunciados docentes por grupo.

Categoría	Subcategoría	Código	La materia está formada por partes			Las partículas ocupan espacio		Las partículas se mueven		
			G4	G6	G7	G1	G3	G2	G5	G8
Conversación de aula	Gestión de turnos de habla	Ca-Gest	6,2	1,5	0,0	9,4	0,0	3,6	8,0	1,4
	Pauta la actividad	Ca-Pauta	5,3	5,8	3,0	2,8	5,6	1,4	10,7	3,9
Aportar	Aportar dato o concepto	Ap-DoC	2,7	1,7	0,5	0,5	0,0	0,0	1,5	3,6
	Aportar una descripción del fenómeno	Ap-Des-Fen	4,4	15,0	7,0	12,3	7,3	3,6	10,3	3,6
	Aportar una Explicación	Ap-Expl	0,0	0,0	2,0	0,5	0,0	0,0	1,9	0,4
	Aportar una Justificación	Ap-Just	7,1	2,9	4,5	0,0	5,6	0,0	0,8	0,7
	Aportar una predicción	Ap-Pred	0,0	1,2	0,0	0,0	0,8	0,0	0,4	0,0
	Aportar una concreción	Ap-Concr	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,7	0,0	2,2
	Aportar una ampliación	Ap-Ampl	0,0	2,3	1,5	2,4	0,8	2,9	0,8	7,2
Solicitar	Aportar una pista	Ap-Pista	0,0	0,0	0,5	2,4	3,2	1,4	0,0	3,2
	Solicitar dato o concepto	Sol-DoC	2,7	1,2	2,5	1,4	8,1	0,7	1,9	9,0
	Solicita observación	Sol-Observ	1,8	5,2	2,5	8,5	3,2	0,7	1,5	1,4
	Solicitar una representación mental	Sol-Rep-Ment	6,2	0,0	1,0	0,5	2,4	0,7	4,2	3,9
	Solicitar descripción fenomenológica	Sol-Des-Fen	11,5	9,8	17,1	17,5	13,7	2,9	8,8	5,4
	Solicitar una explicación	Sol-Exp	1,8	4,0	4,0	6,1	8,9	10,1	9,2	3,9
	Solicitar una justificación	Sol-Just	4,4	0,0	6,0	2,4	2,4	10,1	3,1	3,2
	Solicitar una predicción	Sol-Pred	0,0	8,7	1,0	8,0	8,9	8,6	5,4	0,7
	Solicitar una concreción	Sol-Concr	2,7	11,6	7,0	1,9	5,6	12,9	10,3	14,3
	Solicitar una ampliación	Sol-Apl	0,9	3,5	2,0	0,0	0,8	6,5	0,0	4,3
	Solicitar conclusión	Sol-Concl	1,8	0,6	0,5	0,9	2,4	0,7	0,4	0,4
	Solicitar Consenso	Sol-Consenso	0,0	0,0	0,0	2,8	0,8	4,3	0,0	0,0
Recuperar	Solicitar Confirmación	Sol-Confir	8,8	4,6	12,1	0,9	4,0	0,0	6,1	4,3
	Recuperar para contrastar	Rec-Contr	4,4	2,3	2,5	0,0	1,6	2,2	1,1	0,4
	Recuperar para orientar	Rec-Orient	3,5	2,9	3,5	2,4	5,6	5,8	2,3	5,7
Reconocer	Recuperar para concluir	Rec-Concl	0,9	0,0	2,5	1,4	0,8	3,6	0,4	0,4
	Parafrasear	Reco-Paraf	11,5	3,5	4,5	3,8	1,6	7,2	1,9	2,2
	Validar	Reco-Val	11,5	11,6	12,1	10,4	5,6	9,4	8,8	14,3

### 4.3 Resultados y discusión de la Dimensión Científica

A continuación, se presentan los resultados y la discusión correspondientes a la dimensión científica, considerando el sistema de categorías propuesto en el libro de códigos. Inicialmente se presentan y discuten los resultados obtenidos al analizar la *escala* y *el foco* en el que se centran los enunciados de las maestras (nivel micro) y a continuación se presenta un análisis del cruce de estas dos categorías.

#### 4.3.1 ¿Qué *escala* alcanzan los enunciados de las maestras en formación inicial?

Con el objetivo de identificar el nivel de abstracción o escala que abordan los enunciados de las maestras durante el desarrollo de la práctica dialógica, se codificaron los enunciados presentados en el libro de códigos que clasifica la escala en cuatro categorías: *Macro*, *Micro*, *Escala-Mixta* y *Escala-Indefinida*.

En la Figura 4.8 se representan las frecuencias relativas de los enunciados correspondientes a cada una de las categorías mencionadas por grupo. Como puede observarse, en todos los grupos, la mayor parte de los enunciados se sitúa en la escala *Macro*. Los enunciados de esta escala representaron el 72,8% del total de 938 enunciados codificados en todos los grupos, como, por ejemplo:

*“G8\_439. PFI28: He tirat una gota a cada una. Llavors, a quina aigua s’està integrant amb el colorant més ràpid?”*

Además, todos los grupos, excepto el grupo G6, incorporan enunciados correspondientes a la escala *Micro* que representan en 10,66% del total ( $n=938$ ), aunque la frecuencia de estos enunciados no es uniforme en todos los grupos (Figura 4.8). Destaca el grupo G2, en el que, de un total de 100 enunciados codificados, el 38% pertenecen a la escala *Micro*, en contraposición al grupo G1 en el que, de un total de 131 enunciados, sólo el 0,76% pertenecen a esta categoría debido a que sólo en un enunciado se hace referencia a esta escala:

*“G1\_437.PFI04: Es decir, las pequeñitas partículas de aire tienen que salir para entrar el agua.”*

Así mismo, puede observarse la importancia de la *Escala-Indefinida* en el grupo G4 debido a que el 27%, de un total de 69 enunciados codificados en este grupo, pertenecen a dicha categoría. Por ejemplo, cuando utilizan un vaso con arena como *Modelo Físico* para representar las partes del agua, se refieren a trozos que la forman, pero no es claro si se están refiriendo una gota o a una partícula.

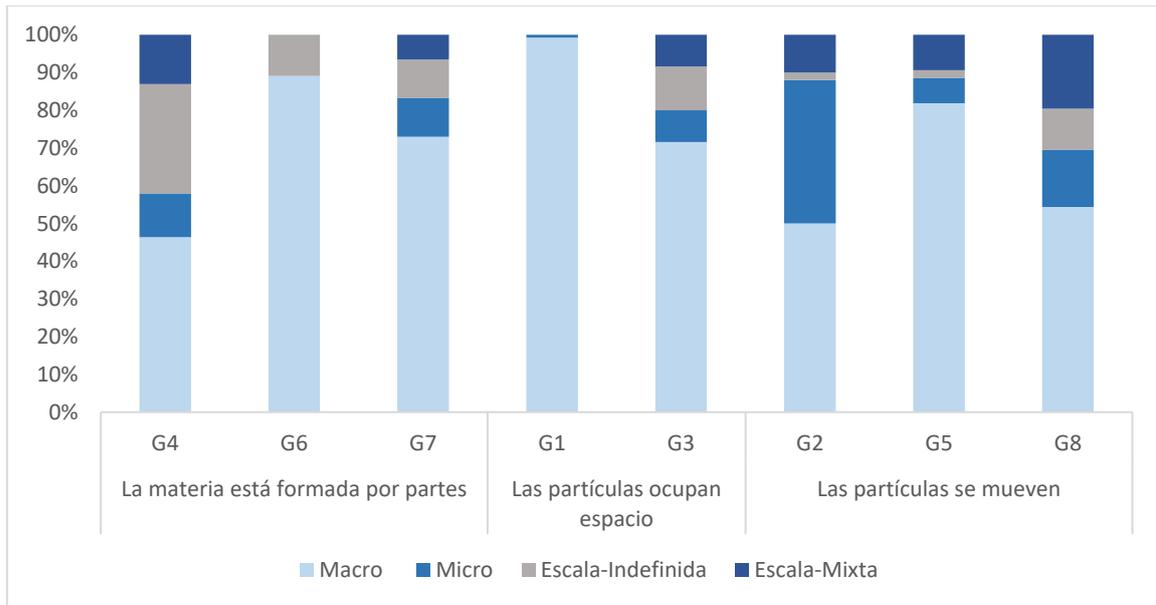


Figura 4.8. Frecuencia relativa de los enunciados de las maestras correspondientes a las distintas categorías propuestas para el análisis de la escala.

En otro ejemplo de *Escala-Indefinida* es el grupo G4, al experimentar con tres jeringas, una con yeso, otra con agua y otra con aire dentro y explicar lo que sucede una de las maestras dice:

*“G4\_119\_PFI13: Hem vist que del sòlid no a sortit correctament. Aquestes boletes no les hem pogut despegar. Però del líquid i de l’aire sí. Quina diferència hi ha quan jo trec l’aigua (ho fa) i quan trec l’aire? (ho fa). O sigui que ha passat? Ha passat d’aquí a aquí. Que ha passat amb l’aigua?”*

Así, cuando se refiere a las “bolitas”, no queda claro si estas se refieren a cada uno de los granos de yeso o a las partículas que los conforman. La presencia de esta categoría evidenciaría la dificultad que tiene poder abordar las ideas clave del modelo e incorporar claramente la diferencia entre las escalas al relacionar el fenómeno con el modelo.

En casi todos los grupos se observa la categoría *Escala-Mixta*, con excepción del grupo G1 y el grupo G6, representando el 8,21% del total de enunciados codificados (n=938). Dentro de esta categoría se incluye a los enunciados que proponen conectar la escala *Macro* con la *Micro*, es decir, buscan conectar lo observado con las ideas del modelo, tal y como se muestra en los siguientes ejemplos:

*“G2\_112. PFI06: Mmm, hi ha espai entre les molècules, o sigui, perquè la tinta caigui, ha d’haver-hi allà un espai, no? Tu què penses Joel?”*

*“G2\_189. PFI06: o sigui clar, ara agrupem idees: llavors tenim que l’aigua freda és diferent a l’aigua calenta, almenys, en quant a les molècules que heu dit, llavors quina diferència creieu*

*que hi ha entre les molècules de l'aigua freda i les molècules de l'aigua calenta? Què creieu que passarà?"*

*"G3\_149. PFI11: I per això la tinta no pot baixar, perquè no té lloc per baixar, no té lloc per barrejar-se amb les altres parts - senyala el got d'aigua amb sal i tinta - perquè aquí, per molt que no ho veieu, per aquí hi ha sal, les parts de la sal, s'han barrejat, però les seves parts estan entre l'aigua. S'ha barrejat amb l'aigua, s'ha dissolt i per això no la veiem, i no deixa passar la tinta."*

La presencia de los enunciados de esta categoría muestra el esfuerzo por conectar la evidencia con la idea clave que se pretende abordar, aunque no todos los grupos lo logran. Además, da indicios del nivel de abstracción que alcanzan en las prácticas dialógicas. En este sentido, se puede destacar que tanto en el grupo G1 como en el grupo G6, en los cuales no se observaron enunciados de la escala *Micro* (grupo G6) o la frecuencia es muy baja (grupo G1), tampoco se observan enunciados correspondientes a la categoría *Escala-Mixta*.

#### 4.3.2 ¿Cuál es el foco de los enunciados de las maestras en formación inicial?

Al analizar en qué focalizan los enunciados que formulan las maestras, se identificaron cuatro categorías emergentes: *Recursos*, *Fenómeno*, *Puente* y *Modelo*. En la Figura 4.9 se representan las frecuencias relativas a cada enunciado para cada categoría analizada. A continuación, se presentan cada uno de ellos en detalle.

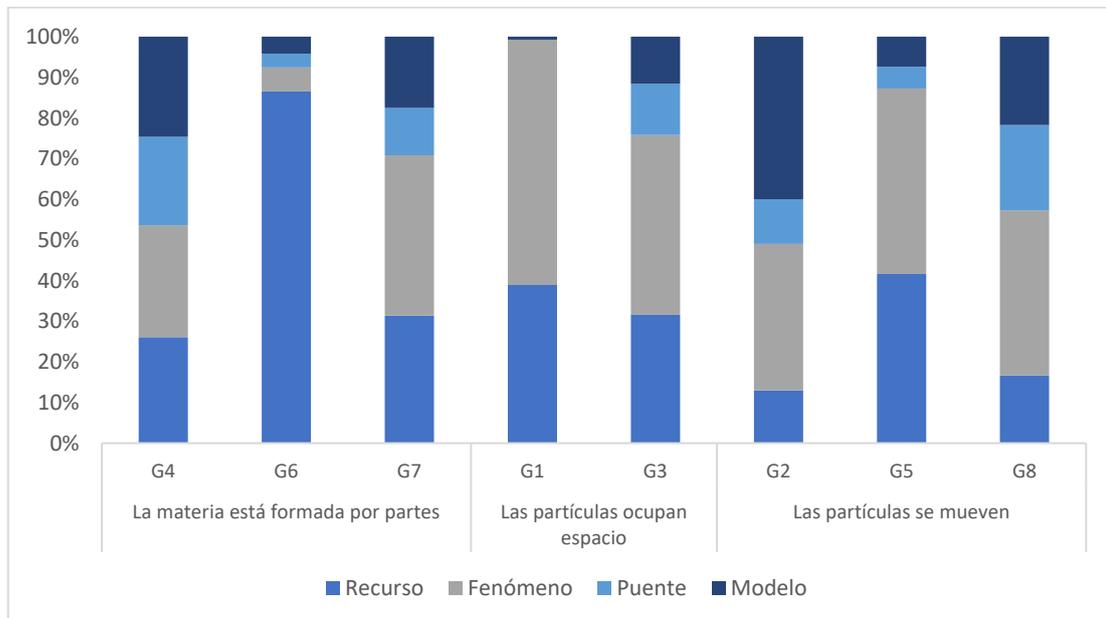


Figura 4.9. Frecuencia relativa de los enunciados de las maestras correspondientes a las distintas categorías propuestas para el análisis del foco.

Todos los grupos, con más o menos, atención ponen el foco en los *Recursos* (Figura 4.9) ya sea en la presentación, como en la descripción o análisis de estos. Un ejemplo de esto se observa en el grupo G6:

*“G6\_4. PFI23: Lo que vamos a hacer será: vamos a verter un poco de agua en el porexpan, ¿qué creéis que pasará cuando tiremos el agua?*  
*G6\_5. ST19: Se disolverá el porexpan.*  
*G6\_6. ST20: Se disolverá el porexpan.*  
*G6\_7. PFI21: Entonces el agua se quedará dentro. [...]*  
*G6\_10. ST19: Lo va a absorber*  
*G6\_11. PFI23: Que lo va a absorber. ¿Sí?*  
*G6\_12. PFI21: Sobre todo creéis que el agua quedará dentro.*  
*G6\_13. ST19: Sí, no, no, espera, espera. Si absorbe esto seguro que bajará por aquí también.*  
*[...]*  
*G6\_16. PFI23: Sí, sí. ¿Qué creéis, que el agua pasará hacia abajo, se quedará arriba...?”*

Se observa que el grupo G6 destaca debido a que el 86,6% de un total de 119 enunciados docentes se enfocan en el *Recurso*, en contraposición al grupo G2 en el que solo el 13% de 100 enunciados pertenecen a esta categoría.

Así mismo, en todos los grupos se observaron enunciados en relación con el *Fenómeno* (Figura 4.9). Por ejemplo, en el grupo G2, se solicita al alumnado que piense qué creen que pasará al mezclar una gota de tinta en un recipiente con agua a temperatura ambiente y, como se observa en el siguiente fragmento, el foco de la conversación está en el fenómeno:

*“G2\_60.ST05: Es posarà del color de la tinta.*  
*G2\_61.ST06: Què es podria ajuntar...?*  
*G2\_62. PFI05: Amb què?*  
*G2\_63.ST06: Amb l'aigua?*  
*G2\_64. PFI05: Però... ho faria molt ràpid, es quedaria a dalt...?*  
*G2\_65.ST06: Bueno... al cap del temps jo crec que s'ajuntaria.*  
*G2\_66. PFI08: Creieu que es quedarà amb el color de la tinta o del color de l'aigua?*  
*G2\_67. ST06: De la tinta.*  
*G2\_68. PFI06: I a quina velocitat més o menys s'ajuntarà? Molt ràpid? Trigarà?*  
*G2\_69.ST07: Crec que ràpid.*  
*G2\_70. PFI06: Immediatament?*  
*G2\_71.ST05: No... ràpid, però no immediatament.*

*G2\_72. PFI06: Creieu que ràpid, no?"*

Que estas dos categorías (*Recurso y Fenómeno*) tengan una frecuencia mayor que el resto, es coherente con lo esperado a partir del análisis de la escala presente en los enunciados (Figura 4.8) ya que la mayor parte de los enunciados están en la escala *Macro*.

Además, se observa que en todos los grupos se presenta la categoría *Modelo* (Figura 4.9), aunque la frecuencia es diferente, siendo el grupo G2 el que presenta la mayor frecuencia de enunciados de esta categoría (40%) y el grupo G1 el que menos presenta (0.8%). Estos resultados también son coherentes con lo esperado a partir del análisis de la escala de los enunciados, presentado en el apartado anterior (Figura 4.8).

El análisis de las subcategorías correspondientes a este criterio se realizará en detalle en el apartado de integración de las tres dimensiones para no reiterar la información.

#### 4.4 Análisis de los distintos tipos de episodios

En esta sección se presenta una caracterización de los episodios, según su objetivo didáctico, integrando todos los análisis presentados en los apartados 4.1, 4.2 y 4.3, para cada una de las dimensiones de análisis.

##### 4.4.1 Introducción al modelo

Tal como se mencionó en los apartados anteriores (4.1, 4.2 y 4.3), en 6 de las prácticas dialógicas se identificó un episodio con el objetivo didáctico de *Introducir el Modelo* y 5 de ellos se caracterizaron por utilizar al menos un recurso (Tabla 4.7). Sólo el grupo G3, no utilizó recursos en este episodio.

Tabla 4.7. Cantidad de recursos empleados por episodio con el mismo objetivo didáctico.

Episodio/nº de recursos empleados	No utilizan recursos	Utilizan 1 recurso	Utilizan 2 recursos	Utilizan 3 recursos	Total de recursos por Obj. Did
Inicio de la sesión	7	0	0	0	7
Cierre de la sesión	2	0	0	0	2
Introducción al modelo	1	1	3	1	6
Predicción	14	3	0	0	17
Observación	0	19	1	0	20
Explicación	6	7	4	1	18
<b>Total episodios</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>70</b>

Los recursos utilizados en estos episodios fueron *Analogías*, *Modelos Físicos*, *Representaciones Gráficas* y *Representaciones Mentales: Gafas imaginarias* (Tabla 4.8), siendo las dos últimas predominantes en las *Introducciones al modelo*.

Tabla 4.8. Cantidad de recursos empleados en los diferentes tipos de episodios.

	Analogía	Personificación	Modelo físico	Repre. Gráfica	Repre. Mental	Experimentación
Introducción al modelo	1	0	2	4	3	0
Predicción	2	0	1	0	0	0
Observación	0	0	3	0	0	18
Explicación	4	5	6	1	1	1

Respecto al enfoque comunicativo predominante en estos episodios, se caracterizan por ser *Interactivo Dialógico* (4 de los 6 episodios) debido a que durante su desarrollo se limitan a indagar sobre los modelos iniciales del alumnado (Figura 4.10).

En general, estos episodios se caracterizan también por presentar al 72% de los enunciados de la subcategoría *Solicitar Representaciones Mentales* (Sol-Rep-Ment), o el 65% de la tipología *Solicitar Dato o Concepto* (Sol-DoC). Otro tipo de enunciados que presenta su mayor frecuencia (44%) en este tipo de episodios es el de *Reconocer-Validar* (Reco-Val), y esto es coherente con el enfoque comunicativo *Interactivo-Dialógico* en el que se validan todas las respuestas para que emerjan las ideas previas del alumnado. Además, destacan tipologías de enunciados docentes *Aportar dato o concepto* (Ap-DoC) o *Aportar pista* (Ap-Pista), esto se debe a que las maestras, además de indagar en los modelos iniciales, introducen algunos elementos que faciliten la interpretación de los fenómenos que se observarán en episodios subsiguientes.

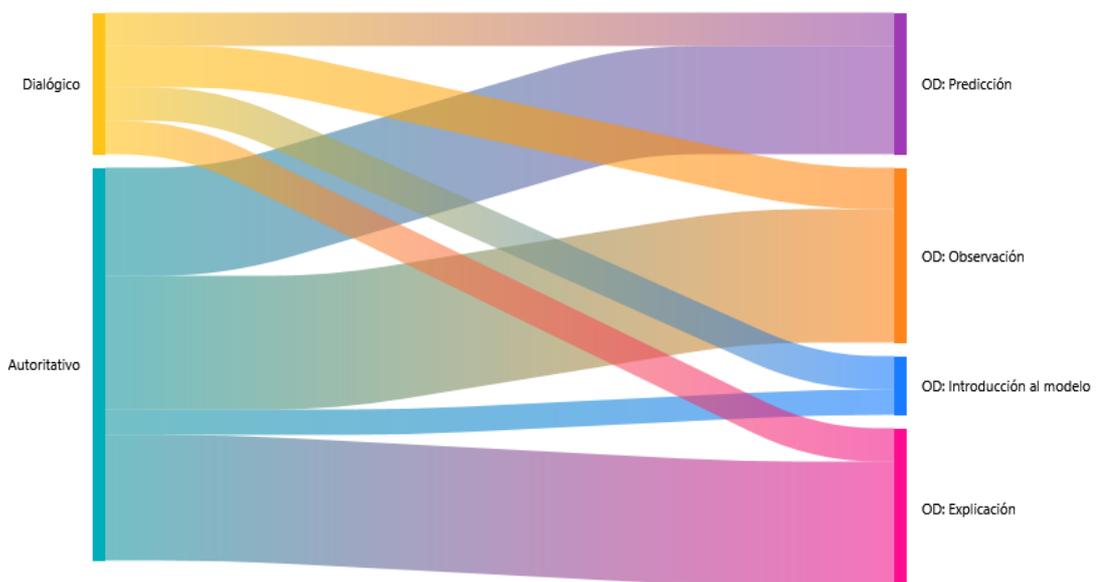


Figura 4.10. Diagrama sankey de coocurrencia del enfoque comunicativo y el objetivo didáctico de los episodios.

Al analizar detalladamente los dos episodios que presentan un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo* (Grupos G4 y G7), se observó un predominio de enunciados docentes correspondientes a la categoría *Solicitar una Descripción Fenomenológica* por sobre los del tipo *Solicitar una Representación mental*. Esto se relaciona a que el desarrollo de estos episodios se centra específicamente en la descripción de los recursos más que en hacer emerger las ideas previas del alumnado.

En lo que respecta a la dimensión científica, en 5 de los 6 episodios de *Introducción al modelo* se observó la presencia de enunciados que hacen referencia a la escala *Micro*, ya sea porque sólo mencionan las entidades del modelo (grupos G4 y G5) o porque además presentan sus reglas (grupos G2, G7 y G8). Para ello se observó el uso de recursos como las *Representaciones Gráficas*, los *Modelos Físicos*, *Las Representaciones Mentales*, como Gafas

Imaginarias y *Analogías*. Se observó que sólo en la *Introducción al modelo* del grupo G3 no se alcanzó la escala Micro, y no se utilizó ningún recurso.

#### 4.4.2 Predicciones

Los episodios con el objetivo didáctico de *Predecir* se caracterizan por solicitar al alumnado expresar sus ideas sobre qué piensan que pasará al realizar la experimentación. Las maestras presentan las características de la *Experimentación* que realizarán (Ap-Des-Fen), para que a continuación el alumnado realice predicciones, estos episodios se caracterizan por la tipología de enunciados *Solicitar Predicción* (Sol-Pred).

Respecto al enfoque comunicativo, de las 17 predicciones, 13 de ellas se categorizaron como *Interactivo-Autoritativo* y 4 con el enfoque *Interactivo-Dialógico*, 3 de ellas en el grupo G3 (Figura 4.10). Estos datos evidencian que las maestras orientan las predicciones del alumnado a aquellos aspectos que requieren mayor atención, es decir les ayudan a centrarse en las variables del fenómeno.

Por otra parte, se observó que 12 de las 17 predicciones las maestras se limitan a pedir al alumnado que realicen la predicción, por ejemplo, utilizando la pregunta ¿Qué piensan que pasará?, y sin embargo no solicitan al alumnado que profundice en las explicaciones o justificaciones de sus predicciones (*Sol-Just* o *Sol-Exp*), como podrían haber hecho planteando la pregunta ¿Por qué creen que pasará? Estas situaciones podrían considerarse oportunidades didácticas desaprovechadas, ya que las maestras muestran capacidad para identificar el momento de predicción y su relevancia, pero de manera simultánea una limitación para profundizar en las razones que fundamentan las explicaciones dadas por el alumnado. En otras palabras, si bien las maestras identifican la importancia de incorporar episodios de Predicción, se limitan a un primer estadio de recopilación de información sin profundizar en las fundamentaciones de estos argumentos que plantea el alumnado (Bismack et al., 2022; Lee & Butler, 2003; Sandoval, 2003).

Por otra parte, se observó que las *Predicciones* se hicieron siempre desde una *escala Macro* y los enunciados de las maestras en formación se focalizaron en la descripción de las variables observables del fenómeno (Ap-Des-Fen, Sol-Des-Fen), como la velocidad con la que se mezcla el agua y la tinta y el color que presentará la mezcla como se presenta en el siguiente fragmento:

*“G2\_59.PFI06: Juntas... vale. Doncs ara el que farem, això és aigua, i aquesta aigua està a temperatura ambient i el que farem serà ficar una mica d'aigua en aquesta proveta. Vale ara prosseguirem ficant tinta, però... abans de tot, què creieu que passarà quan fiquem la tinta?”*

*G2\_60.ST05: Es posarà del color de la tinta.*

*G2\_61.ST06: Què es podria ajuntar...?*

*G2\_62.PFI05: Amb què?*

*G2\_63.ST06: Amb l'aigua?*

*G2\_64.PFI05: Però... ho faria molt ràpid, es quedaria a dalt...?*

*G2\_65.ST06: Bueno... al cap del temps jo crec que s'ajuntaria.*

*G2\_66.PFI08: Creieu que es quedarà amb el color de la tinta o del color de l'aigua?*

*G2\_67.Tots tres infants: De la tinta.*

*G2\_68.PFI06: I a quina velocitat més o menys s'ajuntarà? Molt ràpid? Trigarà?*

*G2\_69.ST07: Crec que ràpid.*

*G2\_70.PFI06: Immediatament?*

*G2\_71.ST05: No... ràpid, però no immediatament.*

*G2\_72.PFI06: Creieu que ràpid, no?*

*G2\_73.ST04, ST05, ST06: Sí.”*

Estos resultados tienen sentido ya que las *Predicciones* anteceden a las *Observaciones* propuestas por las maestras si se considera que las predicciones seguían un patrón discursivo *Interactivo-Autoritativo* y que los enunciados que ponen foco en el fenómeno o en el recurso (más relacionados a las experimentaciones) se queda a *nivel Macro*. Todo ello, evidencia la complejidad de relaciones entre las dimensiones (Didáctica, Dialógica y Científica) que caracterizan los episodios y las relaciones entre ellas.

Aunque en general se observó que las maestras no emplean recursos en los episodios de Predicciones, sólo en 3 (G7, G1 y G8) de los 17 casos se empleó 1 (Tabla 4.7), y fue en 2 de estos 3 episodios (G7 y G8) en los que la *Predicción* se realizó considerando lo que sucedería a *escala Micro*, es decir, predecir lo que sucederá con las partículas. Una se realiza en el grupo G7, en la que a través de un *Modelo Físico* las maestras se enfocan en la *escala Micro*. La otra se realiza en el grupo G8, en el que si bien el alumnado menciona lo que piensa que sucederá a *escala Macro*, al referirse al color (“G8\_350 STXG8: *Doncs que això es convertirà blau*”) o a la temperatura (G8\_359 STXG8: *Ah ja sé! Que les dos aigües es posaran naturals*), las maestras dirigen la discusión a qué sucederá con las partículas, haciendo uso además de una *Analogía*. Aunque no vinculan el movimiento de las partículas a lo que sucederá con la tinta en el agua, saben que será diferente, porque en el agua caliente las partículas se mueven más rápido que en el agua.

*“G8\_394 PFI27: Per tant, recollim que hem dit. Es mourà més ràpid que heu dit?”*

*G8\_395 ST25, ST26, ST27, ST28 : Les particules*

*G8\_396 PF127: De què?*

*G8\_397 ST27: De l'aigua*

*G8\_398 ST25: De l'aigua calenta*

*G8\_399 PF127: I les altres?*

*G8\_400 ST27: Lent"*

Estos resultados evidencian una limitación por parte de las maestras en formación para guiar al alumnado a plantear predicciones más complejas que incorporen su explicación y/o justificación, considerando cambios en la escala. Es importante remarcar también que, aunque hay grupos que incorporan una fase de *Introducción del modelo* con el claro objetivo de abordar el modelo materia desde la *escala Micro*, solo dos grupos lo consideran en las *Predicciones*. En otras palabras, dada la previsión de las maestras de abordar el modelo científico escolar, se esperaba encontrar predicciones en las que se contemplara lo que piensan que pasará (escala macro) y por qué pienso que pasará, incluyendo una posible interpretación, relacionando con el modelo científico escolar (micro). Así, se observa que la fase de *Introducción al modelo* es una condición necesaria pero no suficiente para que las maestras puedan guiar al alumnado a construir *predicciones* que contemplen el modelo a *escala Micro*.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de hacer consciente al profesorado en formación no solo de las fases de las prácticas científicas sino también, de la importancia de hacer explícitas las relaciones entre el fenómeno y el modelo científico escolar.

#### 4.4.3 Observaciones

Con respecto a los episodios cuyo objetivo didáctico era realizar una *Observación* (Tabla 4.8) predominó el uso de la *Experimentación*, a excepción de las 3 observaciones realizadas en el grupo G6, en el que durante estos episodios se manipulan *Modelos Físicos*. Relacionado con la tipología de enunciados docentes predominante, se observó que estos episodios se caracterizan por la descripción del fenómeno o del recurso en cuestión, es por ello por lo que las tipologías de enunciados predominantes son las vinculadas a este fin (Ap-Des-Fen y Sol-Des-Fen).

El enfoque comunicativo que caracteriza las *Observaciones* ha sido el *Interactivo-Autoritativo* en 16 de los 20 episodios casos (Figura 4.10), los cuales se centraron en la descripción del fenómeno además de identificar diversas variables sobre las que profundizar. Un aspecto para destacar es que estos episodios, al igual que las predicciones, se han realizado

a *Escala Macro*. Así mismo, las descripciones construidas pueden caracterizarse como empíricas (Mortimer, 2000), ya que se refieren a un objeto o fenómeno, en términos de sus constituyentes o sus desplazamientos espaciotemporales directamente observables. Es importante aclarar que no se han observado casos en los que se confunda lo que se observa y se describe, con la interpretación.

Estos resultados muestran que el diálogo en los episodios de *Observación* no ha sido ingenuo, sino que ha sido guiado por las maestras (Bismack et al., 2022). Estas orientaciones intencionadas, se basan en el dominio de la actividad por parte de las maestras, tanto de los objetivos como de las características de la fase de observación de una práctica POE. Si bien las maestras consiguen apropiarse de estos aspectos claves para desarrollar las prácticas, se observan limitaciones a la hora de acompañar al alumnado a construir las ideas a *nivel Micro*.

#### 4.4.4 Explicaciones

Se identificó un total de 18 episodios cuyo objetivo didáctico es el de construir una *Explicación*, de los cuales 15 se caracterizaron por un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo* (Figura 4.10). Estos resultados indicarían que las *Explicaciones*, al igual que las *Observaciones*, son guiadas por los objetivos, explícitos o implícitos, que las maestras se han propuesto para la actividad. La relación directa de puntos de vista cotidianos y científicos promueve el aprendizaje significativo. Así, el discurso *Autoritativo* presente en las *Explicaciones* ofrece al alumnado la posibilidad de relacionar el contenido científico con sus puntos de vista cotidianos, y al hacerlo tener más posibilidad de apropiarse de este discurso (Mortimer & Scott, 2002). Además, es importante valorar el enfoque *Interactivo* en estos episodios, al considerar al aprendizaje como una práctica situada en las que gran parte de las explicaciones se construyen en las interacciones dinámicas entre docentes y estudiantes (Gómez Galindo, 2013; Lave & Packer, 2011).

Así mismo, se observa que la tipología de enunciados docentes es muy diversa en estos episodios, pero destacan los de *Solicitar y Aportar una Justificación* (Ap-Just, Sol-Just), *Solicitar una Explicación* (Sol- Exp), *Recuperar para Orientar* (Recu-Orient) o para *Concluir* (Recu-Concl). Esto evidencia el interés de las maestras en construir una explicación del fenómeno observado.

Ahora bien, resulta interesante también profundizar en las escalas en las que se realizan las *Explicaciones*. Se observa que 6 de los 8 grupos logran alcanzar la *escala Micro* en al menos una explicación. En el grupo G1 sólo se incorpora un enunciado correspondiente a esta escala al finalizar la última explicación, en el que sólo nombran a las partículas, pero no se construye la idea de partes, y en el grupo G6 no logran construir explicaciones en este nivel. Vale la pena

destacar que no se han observado explicaciones tautológicas en las se repiten aspectos descriptivos de lo observado.

El recurso más utilizado en los episodios con el objetivo de *explicar* es el *Modelo Físico*, y cabe destacar que es también el recurso más utilizado en las explicaciones que alcanzan la escala *Micro*. Estos resultados muestran como las maestras consiguen utilizar un *Modelo Físico* a una escala concreta y *Macro*, para ayudar al alumnado a construir la idea clave a nivel *Micro*, es decir, para ayudarles a la abstracción del fenómeno. Además, se observó que las *personificaciones* fueron un recurso de uso exclusivo en este tipo de episodios (Tabla 4.8).

Es importante destacar que, en consonancia con la literatura (Kress et al., 2001), 12 de las 18 *Explicaciones* observadas fueron multimodales, debido a que al utilizar algunos recursos (Tabla 4.7 y Tabla 4.8), integraron diferentes registros semióticos (*Representaciones Gráficas, Modelos Físicos, Analogías, etc.*).

## 4.5 Análisis del desarrollo de las prácticas considerando las tres dimensiones

A continuación, se presenta un análisis de las prácticas dialógicas implementadas, organizados en función de la idea clave del modelo corpuscular de la materia asignada, visibilizando así la interacción entre las tres dimensiones.

Para el desarrollo de esta sección se elaboraron unos diagramas que integran las tres dimensiones de análisis. Estos fueron construidos a partir de la coocurrencia de categorías y contemplan la organización temporal de los episodios identificados a partir de su objetivo didáctico. Cabe aclarar, que como el análisis en este apartado se enfoca en los episodios en los que se construye la idea clave del modelo científico escolar (*Introducción al modelo, Predicción, Observación y Explicación*), no se incluyen en los diagramas los episodios de *Inicio y Cierre de la sesión*.

### 4.5.1 La materia está formada por partes

Los grupos G4, G6 y G7, compartían el objetivo de desarrollar la idea clave "*La materia está formada por partes*". En el caso de estos grupos se observa, de manera general, que las tres sesiones presentan estructuras diferentes y se desarrollaron empleando recursos diferentes, cuyo origen es *Otras fuentes (Pr)* (Tabla 4.4), es decir, que no fueron tomados de clase.

Al analizar el grupo G4, se identificaron 4 episodios: *Inicio de la sesión, Introducción al Modelo, Observación y Explicación*, y en 3 de ellos se observó el uso de recursos. Este grupo (G4) destaca particularmente por la ausencia de episodios con el objetivo de *Predecir* (Figura 4.11).

Más en detalle, en el episodio de *Introducción al modelo* las maestras presentan un *Modelo Físico* que consistió en un vaso con arena en el que cada grano representa una parte del agua. A través de este, buscan ayudar al alumnado a construir la idea de discontinuidad de la materia, en el caso concreto de un líquido. Aunque este *modelo físico* pretende ser un puente para seguir guiando los niños y niñas a pensar en la materia, a lo largo de este episodio sólo nombran a los átomos y a las partículas y no logran acompañar en la construcción de la idea de partes. A continuación, las maestras proponen que *representen gráficamente* el contenido de tres jeringas (una con agua, otra con aire y otra con yeso), teniendo en cuenta la discusión previa sobre el *modelo físico* del vaso con arena, pero tampoco logran construir la idea de partes al no quedar claro qué representa cada una de las bolitas dibujadas.

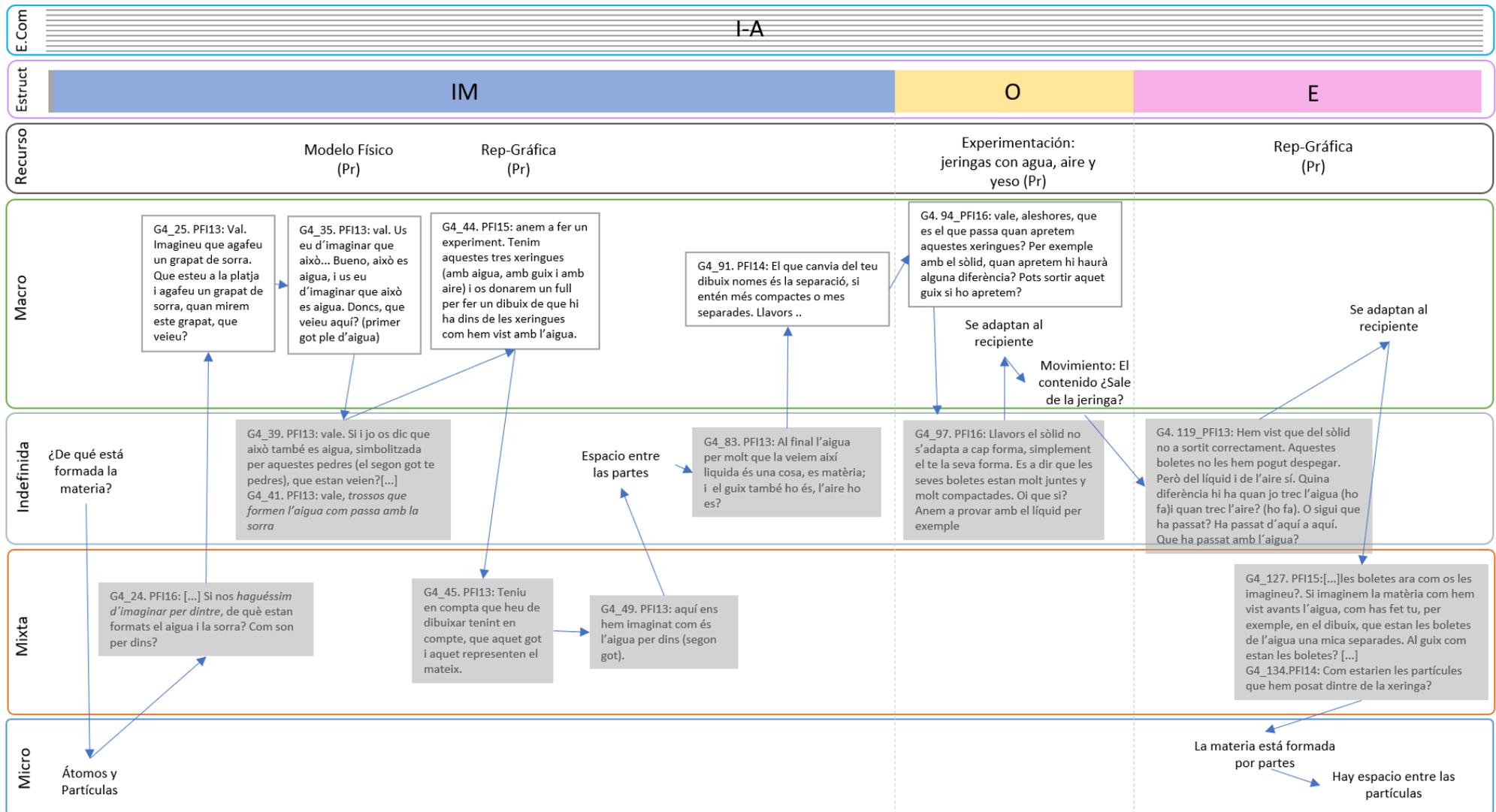


Figura 4.11. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G4.

Podría pensarse que el uso de recursos permite siempre que el alumnado se involucre de modo más activo en la construcción y complejización de las ideas. Pero, por ejemplo, en este episodio, aunque se observa el uso de 3 recursos *Tomados de Otras Fuentes (Pr)*, probablemente, al no ser familiares para las maestras, no alcanzaron más complejidad dentro de la *Escala Micro*. Como se observa en la Figura 4.11 al comenzar este episodio se menciona a los *Átomos y Partículas*, y a través de diferentes enunciados *Puente* (representados en recuadros color gris), que permitirían relacionar el fenómeno o el recurso con el modelo corpuscular de la materia, las maestras proponen hacer el cambio de escala, aunque no expresan la idea de partes a *escala Micro* explícitamente. En este sentido el avance en la complejidad de las ideas estaría más relacionado al uso que se hace del recurso más que a la cantidad y/o diversidad de estos.

Durante el episodio de *Observación*, se les propone realizar una *Experimentación* que consistió en presionar las diferentes jeringas (agua, yeso y aire) y describir lo que sucede en cada caso, puede observarse que las descripciones que realizan se plantean en la *escala Macro*, aunque se propongan enunciados que busquen promover un cambio de escala, pero que permanecen en la *escala Indefinida*. Finalmente, en el episodio de *Explicación*, las maestras proponen al alumnado recuperar y rehacer los dibujos realizados durante el episodio de *Introducción al modelo* y considerando el desarrollo de la práctica.

Es importante destacar que, si bien realizan una *Introducción al modelo*, en el que podría presuponerse que se presenta la *escala Micro*, en este caso solo logran nombrar a las entidades del modelo sin construir la idea de partes, aunque utilicen un *Modelo físico* concreto para aproximar la representación generalizable y abstracta del modelo. Se alcanza mayor complejidad durante el episodio de *Explicación*, en el que se explicita la idea de partes y el espacio que existe entre ellas (Figura 4.11).

Por su parte, en la práctica realizada por el grupo G6 se identificaron 10 episodios (Figura 4.12). El primero, tuvo el objetivo de *Iniciar a la sesión*, seguido por tres ciclos POE completos. Para el desarrollo de esta sesión, las maestras proponen tres observaciones sobre las cuales solicitan que se realicen *predicciones y explicaciones*. Durante los episodios con el objetivo de *observar* se manipularon *Modelos físicos*, siendo este (G6) el único grupo que emplea exclusivamente este recurso en las *observaciones*. El uso exclusivo de modelos físicos representó una dificultad para las maestras en promover un cambio de escalas, permaneciendo así en la *escala Macro*, a excepción de algunos enunciados (G6\_244 y G6\_246)

que parecen referirse a la *escala Micro*, pero al no distinguir entre el recurso o el modelo, se codifican como *escala Indefinida* (Figura 4.12).

Más específicamente, en las dos primeras experimentaciones, vierten tinta y luego agua sobre un trozo de porexpan con el objetivo de evidenciar que los sólidos están formados por partes y que entre las mismas hay espacios. Así, se focalizan en guiar la observación preguntando si el agua o la tinta puede escurrirse por los espacios que hay entre las bolitas (partes) de porexpan. Esta pregunta permite observar que las maestras proponen el uso de un recurso que fomenta una mezcla de escalas debido a que, aunque parecen referirse al espacio entre las partículas que conforman un sólido, esto no queda claro debido a que pueden confundirse con las partes o “bolitas” del porexpan. Esto queda especialmente claro en el fragmento que se presenta a continuación, en especial en el enunciado 116:

*“G6\_106. PFI21: [...] Fijaros que aquí ves lo mismo que está pasando dentro. ¿Qué está pasando?  
G6\_107. PFI23: Se está absorbiendo, se están fusionando los dos materiales. ¿O qué está haciendo?  
G6\_108. ST19: Está traspasando.  
G6\_109. PFI23: Vale... ¿por dónde traspasa?  
G6\_110. ST19: Por los espacios.  
G6\_111. PFI21: Muy bien  
G6\_112. PFI23: Vale. ¿Entonces estás diciendo que hay espacios?  
G6\_113. ST19: Sí  
G6\_114. PFI23: Pero esto es sólido, ¿no? En un sólido hay espacios.  
G6\_115. ST19: Pero no se tocan en verdad.  
G6\_116. PFI23: No se tocan. Entonces estás diciendo que dentro de un sólido hay espacios. Por dónde se filtra el agua con tinta. Vale.”*

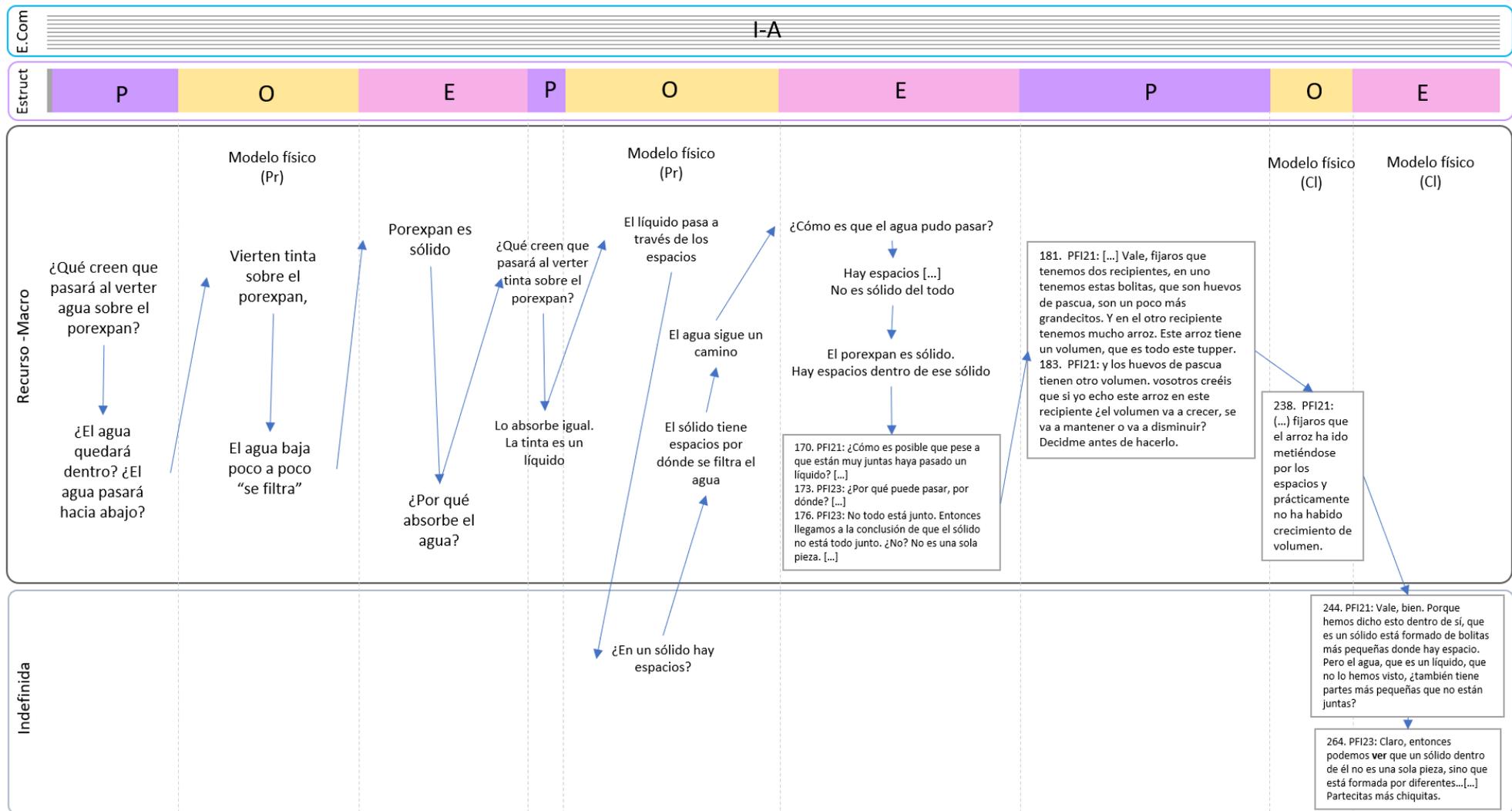


Figura 4.12. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G6.

Un aspecto relevante de este *Modelo físico* es que permitiría pensar en las partes, aunque en una escala *Indefinida*, solo para el caso del sólido (porexpan). Así, quedó en evidencia la limitación de reconocer la discontinuidad de la tinta y el agua, al no referirse explícitamente a los líquidos también están formados por partes. Esta idea no se aclara hasta el enunciado G6\_244 (Figura 4.12), en el que, durante el último episodio de *Explicación*, un maestro pregunta si los líquidos también están formados por partes, a lo que el alumnado, responde que sí y continúan con la conversación. Una vez más, se observa la importancia de identificar y reflexionar, desde la formación docente, sobre aquellos aspectos que puedan condicionar o favorecer una concepción alternativa por el recurso utilizado.

Además, en la última *Observación* (grupo G6), manipulan un *Modelo Físico* similar a uno empleado por el profesorado formador en las clases de la asignatura, para explicar las disoluciones (mezcla de garbanzos y arroz), pero en este caso se hace otro uso. Este consistió en un recipiente con objetos de diferentes tamaños (huevos de pascua, bolitas y arroz). Con este recurso, los maestros se enfocaron en analizar si el volumen que ocupan por separado los objetos se mantendría, disminuiría o aumentaría, al estar todos los objetos en el mismo recipiente. Con el uso de este *Modelo Físico*, se observó la misma limitación que presentaron en el caso del porexpan, al no ser claros en la escala a la que se hace referencia, y como resultado final, a lo largo de esta práctica no se evidencian enunciados que se refieran a la *escala Micro*. Más en detalle aún, se observó que cuando el enunciado se enfocó en el *Modelo*, lo hicieron siempre desde una *Escala-Indefinida*. Esto implica que no logran hacerlo explícitamente desde la *escala Micro*. Como se observó en apartados anteriores, en este grupo sólo el 4,2% de los enunciados abordan la idea del modelo y cuando lo hacen, no dejan en claro que se refieren a las partículas o a las partes del porexpan que usan como modelo, dejando de lado las partes de la tinta y el agua.

En el grupo G7, se identificó un episodio de *Introducción al modelo*, seguido por dos ciclos POE completos, y otro ciclo incompleto que incluyó solo la *Observación y Explicación* (Figura 4.13). Más específicamente, durante la *Introducción al modelo* parten nombrando una entidad (Átomos), y a continuación, a través del uso de *Modelos Físicos (maracas-estados de la materia)*, que también utilizaron luego en distintos episodios, y una *Representación gráfica*, alcanzan la idea de partes en una *escala Micro*, que se sigue desarrollando en los episodios subsiguientes.

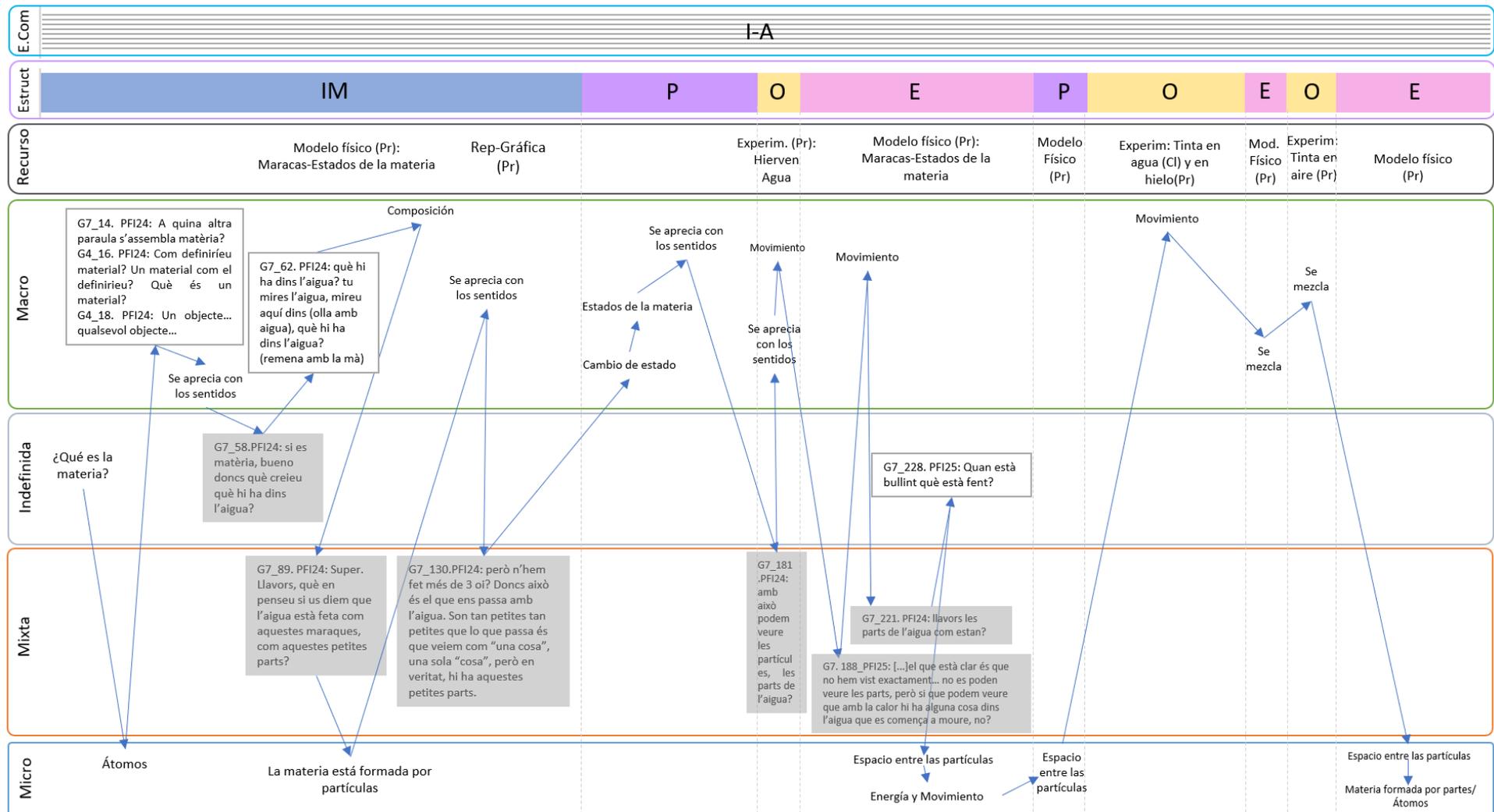


Figura 4.13. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G7.

Es decir, durante el desarrollo del episodio de *Introducción al modelo*, las maestras *Solicitan las Representaciones Mentales* (Sol-Rep-Ment), por ejemplo, cuando buscan conocer las ideas del alumnado relacionadas a *cómo es el agua por dentro* (enunciados G7\_58 y G7\_62), y luego presentan y dirigen el diálogo a la descripción de un *Modelo Físico*. A continuación, las maestras afirman que el agua está hecha de pequeñas partes (enunciado G7\_89), y lo presentan de forma análoga al *Modelo físico presentado* (maracas). Así, son las maestras quienes introducen la “clave” para interpretar y describir lo que observarán y describirán en los episodios que se desarrollan a continuación, es decir que, son ellas quienes presentan la idea de *Partes*.

El primer ciclo POE del grupo G7, se enfoca en realizar predicciones, observar y explicar lo que sucede al hervir agua y si bien durante la *Predicción* permanecen a escala Macro, al enfocarse en si el fenómeno se aprecia o no con los sentidos. Luego, durante la *Observación* las maestras aportan un enunciado (G7\_181) que propone pensar en qué puede estar sucediendo con las partículas, idea que da pie a iniciar la *Explicación* que también se realiza en una *escala Micro*.

A continuación, inicia el segundo ciclo POE en el que curiosamente la *Predicción* se enfoca, a través del uso del *Modelo Físico* (*maracas -estados de la materia*), en el espacio entre las partículas en la *escala Micro*. A pesar de ello, en los episodios posteriores (*Observación y Explicación*) no logran alcanzar esta escala debido a que el diálogo se centra en describir cómo se mueve la tinta en el cubo de hielo y en el agua a temperatura ambiente, y en si se mezclan o no la tinta y el agua. Seguidamente, realizan una nueva *Observación*, que consiste en tirar una gota de tinta mientras una alumna sopla aire por la boca y describir lo que sucede, permaneciendo en la *escala Macro*, mientras que, en la *Explicación* final, y al comparar las experiencias arriban a la idea de que la materia está formada por partes, y que existe espacio entre las partículas, en una *escala Micro*.

Aunque las experimentaciones de la gota de tinta en hielo y en aire podrían considerarse una adaptación de la propuesta de tinta en agua, realizada en las clases de la asignatura, la dificultad que se observa para alcanzar la *escala Micro* y mayor complejidad en las dos últimas *Explicaciones* podría deberse a que las maestras no han vivido estas experiencias como alumnas, por lo que no han experimentado el uso del recurso para interpretar las ideas del modelo previamente.

De manera general se observa que en estos tres grupos (G4, G6 y G7) se desarrollan las prácticas dialógicas con un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo*, incluso, en los

grupos G4 y G7, que presentan un episodio de *Introducción al modelo*. Esto se evidenció también con el predominio de la tipología de enunciados docentes *Solicitar una Descripción Fenomenológica* que además muestra que el interés en estos episodios se centró en la descripción de los recursos empleados y los fenómenos observados, que fue guiada por preguntas específicas formuladas por las maestras. A pesar de acompañar con preguntas el proceso, no en todos los casos consiguen aproximarse al Modelo Científico Escolar, más específicamente se observan ciertas limitaciones para realizar el cambio a la *escala Micro*, como es el caso del grupo G6, presentado anteriormente, en el que se quedan en la *escala Indefinida*.

En relación con las limitaciones identificadas a lo largo del desarrollo de estas prácticas (G4, G6 y G7), por ejemplo, se observó que tanto en el grupo G4 como en el grupo G6, presentaron dificultades respecto a la capacidad de clarificar y explicitar la escala a la que se está haciendo referencia durante la actividad. Esto se evidenció, en el caso del grupo G4, con el número de enunciados correspondientes a *Escala-Indefinida* y, en el caso del grupo G6, con la dificultad de abordar la *Escala Micro*. Esta limitación se vincula con los recursos seleccionados debido a que, por ejemplo, en el grupo G4 se refieren a las partículas como “Bolitas”, pero al hacerlo, no queda claro si se refieren a cada “grano” de yeso o a las partículas que conforma cada grano. En términos de Talanquer (2009), no es claro si se refieren a pequeños gránulos de sustancia (granularidad) a un corpúsculo esto, además, denota la necesidad de se promueva una construcción de un lenguaje más preciso y menos ambiguo para explicar el fenómeno sobre el que se trabaja (Sanmartí, 2007; Pipitone et al., 2016). Teniendo en cuenta que generalmente los niños y niñas consideran a la materia como *continua*, puede considerarse un avance que emerja la idea de *Granularidad*, que considera a la sustancia como trozos del mismo material, es decir, la sustancia o el material en sí es considerado el componente principal. A partir de la granularidad es posible construir la idea de corpúsculo (Talanquer, 2009).

Lo mismo sucede cuando presentan un vaso con arena como *Modelo Físico* para representar que el agua está formada por partes. Sin embargo, a pesar de ser una limitación no deja de ser una aproximación al modelo de partes y de evidenciar el interés de las maestras por la construcción de la idea. Lo que es importante de la escala indefinida, es el hecho de que una vez se identifica y, se conoce el origen de la falta de definición, el recurso puede ser utilizado de manera tal que se diferencie si se está hablando de la *escala Macro* (grano de arena) como analogía directa de la *escala Micro* o no. En todo caso, es un aspecto importante para considerar cuando se seleccionan y utilizan estos recursos.

Las limitaciones presentadas llevan a analizar la coocurrencia entre el *Origen de los Recursos* y la *Escala* en todos los grupos (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7 y G8). En general, se observa que cuando las maestras emplearon recursos de clase, se alcanza un mayor nivel en las ideas científicas, es decir pueden aproximarse mejor a los cambios de escala en los diferentes episodios (Figura 4.14). Esto probablemente esté relacionado a que ellas no solo ya han utilizado el recurso como alumnas, sino que también vivenciaron y se apropiaron de las preguntas que la docente a cargo de la asignatura formula en torno a los recursos durante las prácticas. Este resultado es relevante ya que orienta al profesorado formador a fomentar el uso de recursos conocidos por las maestras y a reflexionar sobre ellos explícitamente, lo que significaría que puedan aprehender tanto el contenido científico que se trabaja como la parte didáctica de este. En otras palabras, toma fuerza la idea de que cuando las maestras han utilizado el recurso desde el punto de vista de una alumna para luego utilizarlo como docente, estas no solo han conseguido apropiarse del contenido científico sino también de la complejidad asociada que les permite la abstracción y generalización de estos.

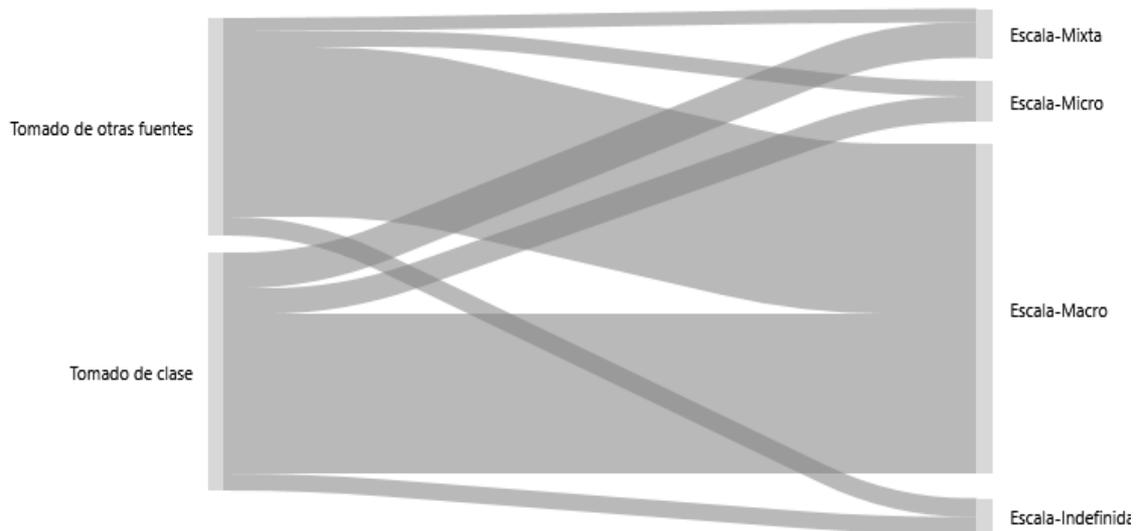


Figura 4.14. Diagrama de coocurrencia entre la escala alcanzada y el origen de los recursos.

Otro resultado importante es la relación de coocurrencia entre los *Tipos de recursos* y la *Escala*. Se observó, de manera general, que los recursos que favorecen el cambio en la escala son, principalmente los *Modelos Físicos* y las *Representaciones gráficas* (Figura 4.15), estos resultados son un aporte relevante ya que orientan al profesorado formador a elegir aquellos recursos que favorecen la construcción del modelo corpuscular de la materia, promoviendo el diálogo en torno a su uso. Además, se han podido constatar que en torno al uso de los *Modelos Físicos* es posible identificar falta de claridad o ambigüedad en el lenguaje como el

caso del grupo G6, con el caso del porexpan ya presentado. Esto puede considerarse como otra evidencia de que las maestras presentan un modelo de materia intermedio, lo que podría dificultar la claridad a la hora de hablar sobre los recursos y construir un discurso más explícito sobre el modelo.

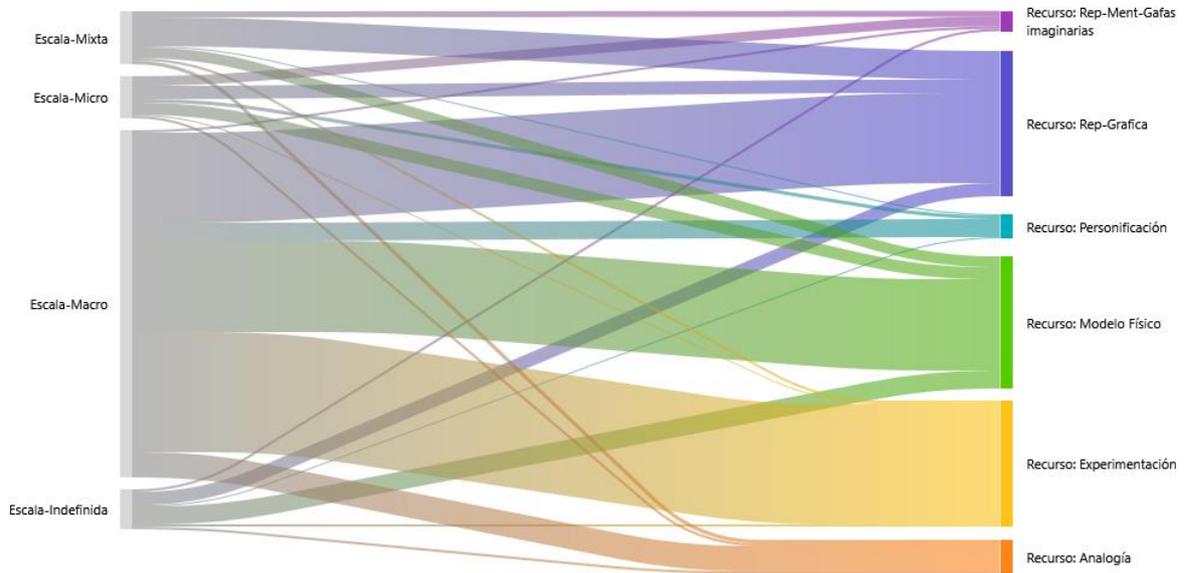


Figura 4.15. Diagrama de coocurrencia entre la escala y el tipo de recurso.

#### 4.5.2 Las partículas ocupan espacio

En el caso de los grupos G1 y G3 compartieron el objetivo de desarrollar la idea clave “*Las partículas ocupan espacio*”. En las prácticas dialógicas de ambos grupos se observaron diferentes estructuras, aunque en los dos casos plantean, mayoritariamente, ciclos POE completos (Figura 4.16 y 4.17). Solo el grupo G3 propone un episodio de *Introducción al Modelo*. Además, en el desarrollo de las dos prácticas dialógicas se utilizaron distintos recursos, aunque en ambos casos se observa una alternancia entre dos enfoques comunicativos el *Interactivo-Autoritativo* y el *Interactivo-Dialógico*, tal y como se recupera en las

La principal diferencia entre estos dos grupos (G1 y G3) es que en la práctica dialógica desarrollada por el grupo G1 las maestras abordan la idea “*el aire ocupa espacio*”, por lo que el foco de la sesión está en explicar qué sucede al manipular los diferentes objetos seleccionados para observar qué sucede con el aire en diferentes situaciones. Así, permanecen en la *Escala Macro* y simplemente incorporan un enunciado al finalizar la práctica, en el que solo nombran a las partículas (Figura 4.16).

Más en detalle, se observó que, en el grupo G1 (Figura 4.16), las maestras se centraron en el uso de los recursos y en guiar al alumnado en describir lo observado (Sol-Des-Fen y Ap-Des-Fen), por lo que los episodios de *Observación* se caracterizaron por un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo*.

Al iniciar la práctica, el grupo G1 comienza con una *Observación* (Figura 4.16), en la que manipulan una botella con o sin tapón para describir cómo, al presionar una botella sin tapa, el aire se mueve de adentro hacia afuera y viceversa. Luego una de las maestras afirma que el aire es un gas.

Durante las *Observaciones* siguientes se presentan 4 *Experimentaciones* que consisten en manipular un vaso con una pelota de papel en el fondo, el cual se sumerge en agua en distintas posiciones. Para describir lo observado, las maestras proponen analizar qué sucede con el agua y con el aire cuando sumergen el vaso utilizando como indicador, si se moja o no la pelota de papel y/o si se observan o no burbujas. En estas experimentaciones, el foco está en la manipulación y descripción de lo que sucede al realizarlas, para llegar a la conclusión de que el aire ocupa espacio. Es importante destacar que en estos episodios permanecen todos los enunciados en la *escala Macro*. No es hasta el final de la sesión que las maestras, incorporan un enunciado que se refiere a que las partículas ocupan espacio:

*G1\_437. PFI04: Es decir, las pequeñitas partículas de aire tienen que salir para entrar el agua.*

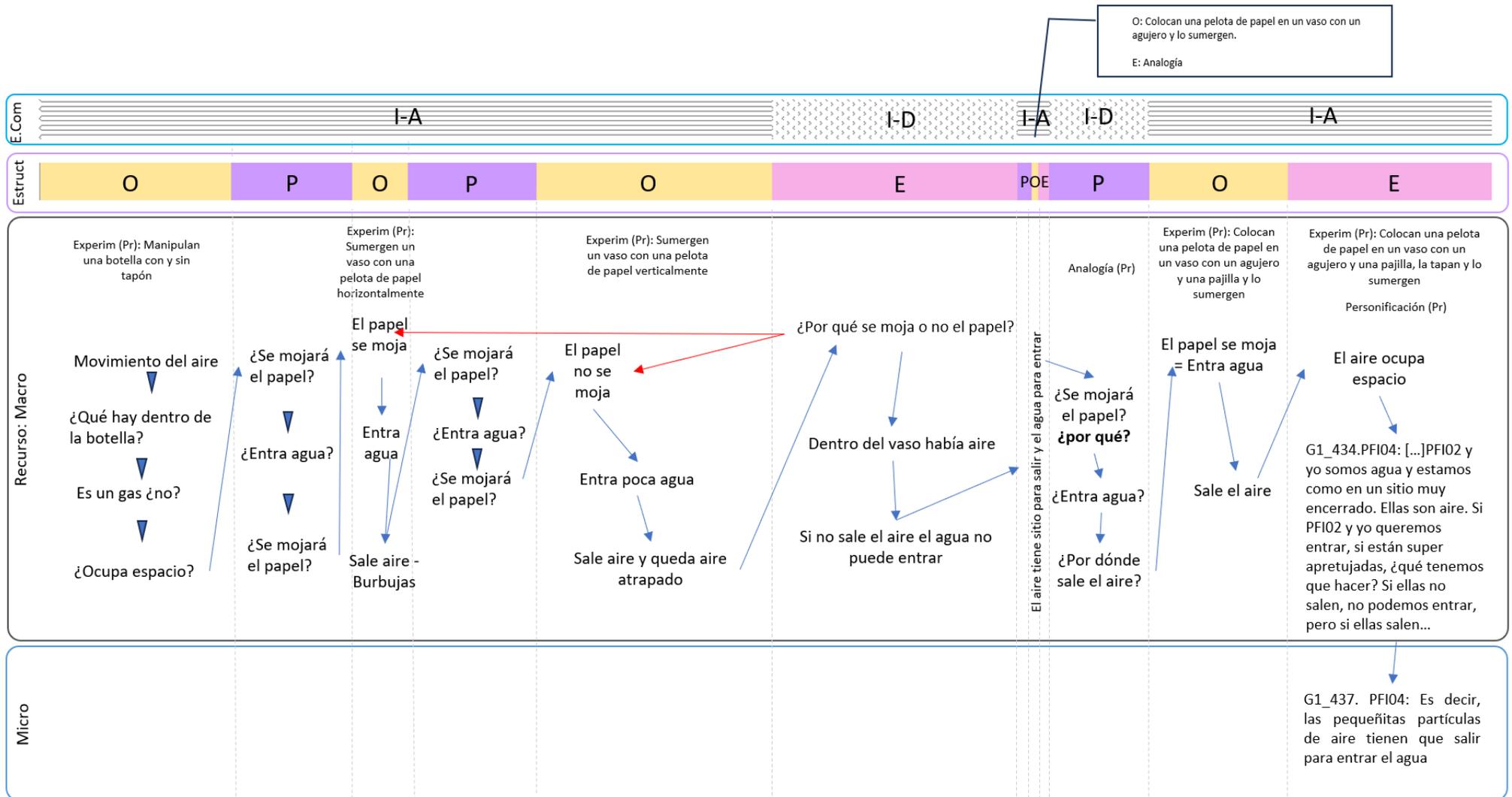


Figura 4.16. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G1.

Es decir, son las maestras quienes afirman que el aire está formado por partículas y, de manera indirecta, que éstas ocupan espacio, por lo que no se construye la idea de partes. En este caso se observa que hay una apropiación del lenguaje por parte de las maestras, son ellas quienes utilizan la palabra “partículas”, pero sin embargo promueven que sea el alumnado quien asocie a esta palabra un nuevo paquete de significado (Sanmartí, 2007; Pipitone et al, 2016).

Respecto a los 4 episodios de *Predicción*, se observó que, en todos ellos, las maestras plantean la pregunta ¿Qué creen que pasaría si...?, y sólo en dos, además solicitan al alumnado explicar el porqué de la predicción (Sol-Exp), siempre haciendo referencia a la *Escala Macro*. Estos resultados ponen de manifiesto que, en este grupo (G1) las maestras identifican la importancia superar un primer estadio de recopilación de información en las predicciones, profundizando en los fundamentos de estas.

Los episodios con el objetivo de *Explicación* consistieron en la construcción de interpretaciones de lo observado desde una *Escala Macro*, sin utilizar las ideas del modelo. De este modo, logran construir la idea de que el aire ocupa espacio, pero no alcanzan la idea de partes o partículas (Figura 4.16). Además, aunque en general se observó que las *Experimentaciones* fueron un recurso exclusivo de los episodios de *Observación*, solo en la última *Explicación* del grupo G1 se realizó una *Experimentación* con el objetivo de aplicar las ideas construidas a un contexto nuevo, pero siempre en la escala *Macro*.

A pesar de no abordar la idea clave del modelo corpuscular de la materia asignado, al analizar la secuencia en el diálogo, se observa que las maestras promueven la explicación y justificación a partir de las evidencias, que, aunque no alcanzan la *Escala Micro*, forman parte de las competencias científicas fundamentales a desarrollar en clases de ciencias ya que permiten avanzar en los razonamientos del alumnado.

Como ya se ha mencionado, esta propuesta no abordó la idea clave que se propuso como objetivo (Las partículas ocupan espacio), ya que construye otra idea compleja (el aire ocupa espacio) que podría considerarse como una intermediaria y previa a la construcción de la idea de la discontinuidad del aire. Autores como Talanquer (2020) sugieren iniciar el abordaje del modelo corpuscular de la materia utilizando sólidos y líquidos, y luego en niveles de escolarización superiores, trabajar con los gases.

Por su parte, como puede observarse en la Figura 4.17, el grupo G3 comienza con un episodio de *Introducción al modelo*, en el que, a partir de la observación de un vaso con agua, las maestras proponen al alumnado dialogar sobre la pregunta: “¿De qué está formada el

*agua?*”. Las respuestas de las niñas y niños se sitúan en la escala *Macro*, por lo que las maestras deciden presentar una *Experimentación* sobre la que solicitan al alumnado la formulación de una predicción.

Con el inicio del segundo episodio, comienza el primer ciclo POE completo de la sesión. En esta *Predicción* las maestras proponen pensar al alumnado qué sucederá al mezclar una gota de tinta en agua, aunque no piden que justifiquen o expliquen el porqué de la predicción. La ausencia de enunciados docentes que promuevan la justificación de las respuestas se observa también en las siguientes predicciones realizadas. En este sentido, es importante destacar que las predicciones del grupo G3 se caracterizaron por un enfoque comunicativo *Interactivo-Dialógico*, lo que significa que las maestras no guiaron al alumnado en la predicción orientando la atención en aspectos concretos del fenómeno, sino más bien realizaron preguntas abiertas para que sean respondidas desde las ideas previas del alumnado. En otras palabras, este enfoque comunicativo muestra que, en estos episodios, no hay una orientación al fenómeno ni a las ideas del modelo, lo que podría interpretarse como una práctica que se desarrolla sin demasiado control por parte de las maestras.

Sin embargo, durante el siguiente episodio de *Observación*, con la *experimentación* la conversación se orienta a través de las intervenciones docentes haciendo foco en solicitar al alumnado la descripción el fenómeno (*Sol-Des-Fen*). Particularmente, indagan sobre el comportamiento de la tinta en el agua, es decir, en si se mezclan y en cómo es el movimiento. Este episodio, como los otros con el objetivo de *Observación* se realizaron con un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo* que muestra que las maestras consiguen, a través de las preguntas, orientar al alumnado a unas observaciones concretas.

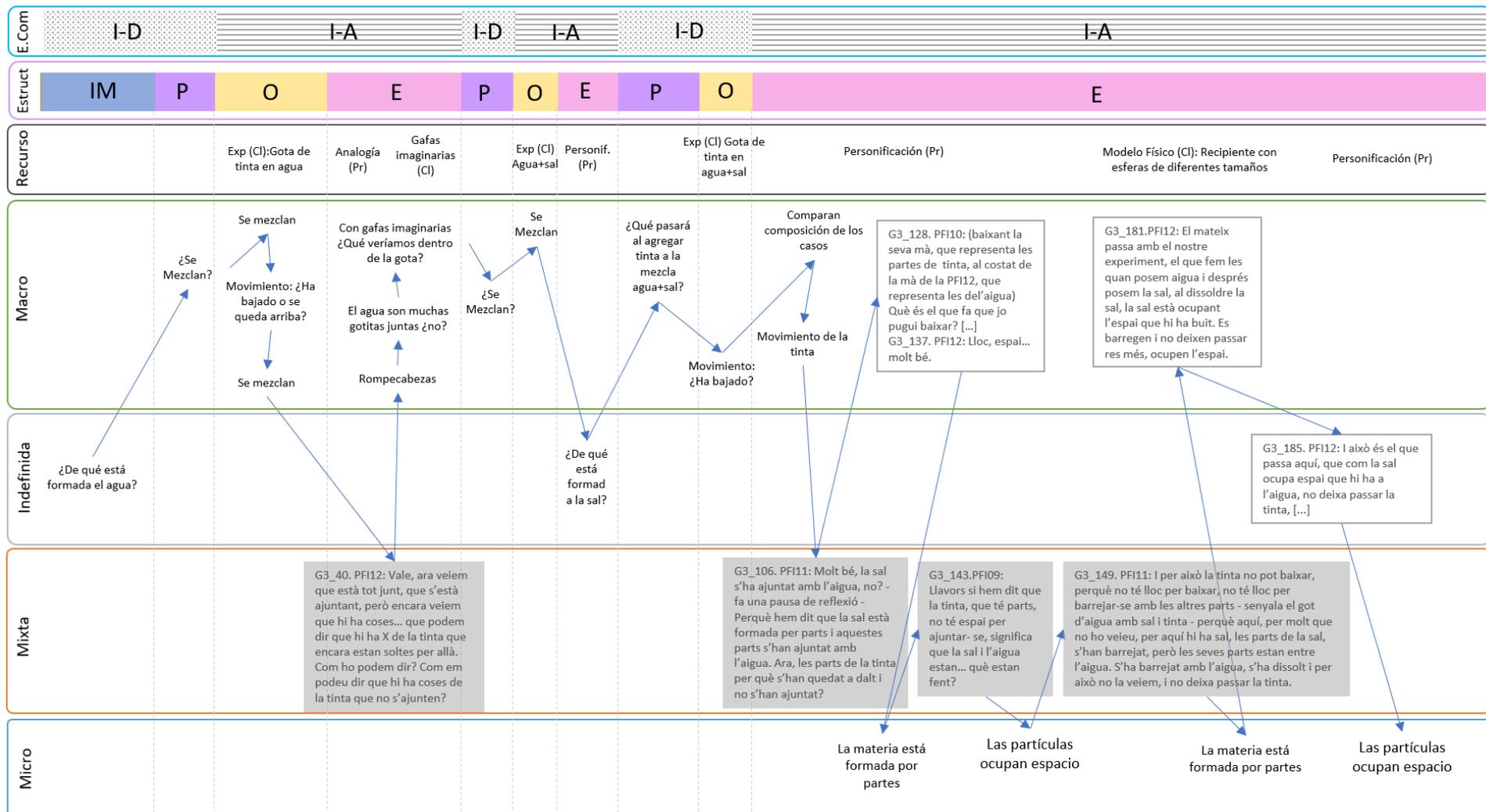


Figura 4.17. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G3.

Aunque este enfoque comunicativo parece oportuno para guiar al alumnado, hay matices relevantes en su utilización. Durante el primer episodio de *Explicación*, con enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo*, las maestras buscan que el alumnado diga la palabra partículas o partes, por ello, los enunciados predominantes son *Solicitar datos o Conceptos* o *Solicitar Representaciones Mentales*, y no los esperados para este tipo de episodios, que se vincularían a la explicación (Ap-Exp o Sol- Exp) o justificación (Ap-Just o Sol-Just) del fenómeno observado. Así, utilizaron la *Analogía* del rompecabezas para referirse a las piezas o partes que conforman el agua, y luego recurriendo al uso de una *Representación Mental: Gafas Imaginarias*, para solicitar al alumnado que describa lo que verían con ellas al observar una gota de agua.

Que las maestras consideren que sólo se trata de mencionar un vocabulario nuevo, más preciso y abstracto, puede considerarse una limitación. Cada una de estas palabras empaqueta gran cantidad de información, y de conocimiento, que el alumnado debería construir. Las palabras tienen sentido en el concepto y generalmente se llega a ellas cuando se demuestran necesarias para hablar de un fenómeno o de una idea (Pipitone et al., 2008; 2016; Sanmartí Puig, 2007).

Una de las maestras (PFI12), en el enunciado *G3\_40* (Figura 4.17) busca que en la *Explicación* se introduzca la idea de partes o partículas, pero al no obtener la respuesta esperada, pues el alumnado responde que dentro de una gota de agua se verían bacterias, deciden seguir con las actividades previstas. Esto lo hacen después que una de las maestras utiliza la idea de un rompecabezas, evidenciando así una interpretación del modelo del tipo “tetrix” que excluye el espacio entre las partículas (Pipitone et al., 2017; Pipitone, 2020). Al ser mencionada la idea del líquido formado por gotas, las docentes proponen utilizar unas gafas imaginarias muy potentes que permitan ver por dentro de la gota, pero no alcanzan la idea de partícula con el alumnado:

*“G3\_40. PFI12: Vale, ara veiem que està tot junt, que s’està ajuntant, però encara veiem que hi ha coses... que podem dir que hi ha X de la tinta que encara estan soltes per allà. Com ho podem dir? Com em podeu dir que hi ha coses de la tinta que no s’ajunten?”*

*(Es fa silenci)*

*G3\_41. PFI12: Per exemple, quan tenim un trencaclosques, què és el que ajuntem?”*

*G3\_42. ST08, ST09: Peces.*

*G3\_43. PFI12: Vale, les peces són petites X d’un trencaclosques molt gran. Petites que?”*

*G3\_44. ST08, ST09: Peces?”*

*G3\_45. PFI12: Però vosaltres creieu que l’aigua està formada per peces?”*

G3\_46. ST11: No!

G3\_47. ST09: Noo!

G3\_48. PFI12: I una paraula que puguem utilitzar per referir-nos a l'aigua?

G3\_49. ST09: Gotes.

G3\_50. PFI11: Vale, l'aigua són moltes gotetes juntes, no?

G3\_51. ST08, ST09, ST10, ST11: Sí!

G3\_52. PFI09: Imagineu que tinguéssim unes ulleres, ens les posem i mirem l'aigua per dins...

G3\_53. PFI12: Unes ulleres que ens permetin ampliar molt molt i ens posem dins la gota.

G3\_54. PFI09: Què observariem?

G3\_55. ST08: Bactèries?

(Es fa silenci)

G3\_56. PFI10: Bueno, sinó, podem dir que no ho sabem i passar a la segona part.

G3\_57. PFI09: Sí, millor.”

Esto evidencia que, aunque las docentes parecen tener el objetivo de abordar la idea de partes y que emplean un recurso conocido como el de las *Gafas imaginarias*, no formulan las preguntas adecuadas que permiten hacer foco en las diferentes escalas. Estos resultados son coherentes con los presentados en el trabajo previo sobre preguntas investigables en el mismo contexto (Aguada Berteá, et al, 2023) en el que se observó la dificultad de plantear buenas preguntas cuando no hay un buen dominio del conocimiento.

A continuación, las maestras deciden continuar con la práctica. Al comenzar el segundo ciclo POE, durante el siguiente episodio de *Predicción*, las maestras preguntan al alumnado qué sucederá al incorporar sal en agua (Sol-Pred). El foco estuvo en describir si la sal y el agua se mezclan, al igual que en el episodio siguiente, en el que se realizó una *Observación*.

A continuación, y durante la segunda *Explicación* el interés estuvo en abordar que la sal tanto como el agua están formadas por partes. Así, se refieren a las partes del cuerpo humano, para decir que, así como el cuerpo tiene partes, el agua y la sal también están formadas por partes, propuesta que puede reforzar la idea de continuidad de la materia. Luego, utilizando una *Personificación*, representan que las partes del agua se mezclan con las de la sal. De este modo, y a lo largo de este episodio se evidencia, otra vez, la dificultad de las maestras para guiar en la construcción de explicaciones en la *escala Micro*.

El tercer y último ciclo POE se realiza en torno a una *Experimentación* en la que proponen agregar unas gotas de tinta a la mezcla sobresaturada de agua y sal (Figura 4.17). Comienzan la actividad con una *Predicción* en la que se describe la experimentación (Ap-Des-Fen) para que luego el alumnado mencione lo que cree que sucederá, con especial atención en describir la

composición de la mezcla. Durante la *Observación* las preguntas de las maestras se centran en el movimiento de la tinta, si ha podido “bajar o no”. Es importante destacar que durante estos dos episodios hay un predominio de la escala *Macro*.

En el último episodio, las maestras hacen más preguntas y aportan recursos para favorecer la construcción de una *Explicación* desde la idea del modelo, pero a pesar de ello, son las ellas las que finalmente aportan una justificación de lo observado (Ap-Just) desde una *escala Micro*. Esto le da al episodio un carácter *Interactivo-Autoritativo*, nuevamente se observa el matiz en el enfoque comunicativo, en donde es claro el objetivo del dialogo, pero no es el alumnado quién consigue expresar las ideas del modelo. Así, durante el desarrollo de este episodio buscan justificar por qué la tinta permanece en la superficie al ser incorporada en una solución sobresaturada de agua con sal. Durante este episodio, las maestras en formación dirigen la conversación a la idea de que la materia está formada por partes y que entre esas partes hay espacios libres, por lo que la tinta permanece en la superficie ya que no hay espacio libre entre las partículas de agua y sal para mezclarse. Para poder lograrlo, se orienta la discusión a construir una interpretación de lo observado a partir de la idea de partes, recurriendo a la representación con las manos (*Personificación*), para mostrar por qué las partículas de tinta no tienen espacio para pasar entre las de agua y sal.

Destaca dentro de este episodio la presencia dos enunciados, en los que al explicar por qué la tinta queda en la superficie, las maestras parecen no distinguir que las partículas tienen tamaños diferentes o que consideran que las de la sal son más pequeñas que las del agua.

*“G3\_149. PFI11: I per això la tinta no pot baixar, perquè no té lloc per baixar, no té lloc per barrejar-se amb les altres parts - senyala el got d'aigua amb sal i tinta - perquè aquí, per molt que no ho veieu, per aquí hi ha sal, les parts de la sal, s'han barrejat, però les seves parts estan entre l'aigua. S'ha barrejat amb l'aigua, s'ha dissolt i per això no la veiem, i no deixa passar la tinta.”*

*“G3\_181.PFI12: El mateix passa amb el nostre experiment, el que fem les quan posem aigua i després posem la sal, al dissoldre la sal, la sal està ocupant l'espai que hi ha buit. Es barregen i no deixen passar res més, ocupen l'espai.”*

En el desarrollo de las prácticas de estos grupos (G1 y G3) se observó la alternancia entre los enfoques comunicativos, lo que generó la inquietud por analizar la coocurrencia entre las categorías correspondientes a los criterios *Enfoque Comunicativo* y *Escala* al analizar todos los grupos (G1, G2, G3, G4, G3, G5, G6, G7 y G8).



Figura 4.18. Diagrama de coocurrencia de categorías correspondientes a los criterios enfoque comunicativo y escala.

Así se observó que tanto la escala *Micro* como la *Mixta* fueron más frecuentes en los episodios desarrollados con un enfoque comunicativo *Interactivo-Autoritativo* (Figura 4.18). Esto indicaría que para poder alcanzar mayor complejidad en las ideas las maestras propusieron una conversación más guiada en la que la autoridad de las docentes es evidente.

A pesar de ello, la mayoría de los enunciados docentes, dentro de los episodios con el enfoque *Interactivo-Autoritativo*, se correspondieron con la *escala Macro*, lo que implica que no siempre, con este enfoque comunicativo logran alcanzar mayor complejidad en las ideas. Por otra parte, se observa también que la mayoría de los enunciados dentro de los episodios con enfoque *Interactivo-Dialógico*, en los que las docentes asumen una posición más neutral sin establecer límites en el contenido, la conversación permanece en la *escala Macro* y desde las ideas previas del alumnado.

### 4.5.3 Las partículas se mueven

Los tres grupos que abordaron la idea “*Las partículas se mueven*” (G2, G5 y G8) presentan prácticamente la misma estructura, aunque con algunos matices. En los tres casos organizan las prácticas dialógicas en torno a las *Experimentaciones*, que consisten en incorporar una gota de tinta en agua fría y otra en agua caliente, aunque se distribuyen de modo diferente. En el grupo G8 realizan de manera simultánea las dos *Experimentaciones*, lo cual implica que se realizó sólo un ciclo POE completo, mientras que en los otros dos grupos (G2 y G5) se realizan dos ciclos POE. Cabe destacar que la propuesta es similar a la que empleó la docente a cargo de la asignatura y que las maestras transitaron como estudiantes, por ellos se observa que la mayoría de los recursos que utilizan estos tres grupos son *tomados de clase* (CI).

En los tres grupos las descripciones se focalizaron en la velocidad en la que la tinta se mezcla con el agua y en comparar que sucede en el caso del agua fría y caliente. Así, tanto los episodios de *Predicción* como los de *Observación*, respondieron al análisis general presentado anteriormente.

Además, los tres grupos utilizaron *las Gafas imaginarias (Representaciones Mentales)*, durante el episodio de *Introducción al modelo*, es decir, se propuso al alumnado utilizar este recurso para imaginar por dentro al agua y o la tinta. En los grupos G5 y G8 estas *Representaciones Mentales* fueron seguidas por el uso de *Representaciones Gráficas* para así dibujar lo que habían imaginado. Otro tipo de recurso que emplearon en los tres grupos que el de las *Analogías*, aunque, lo hicieron en momentos diferentes.

Particularmente, como se observa en las Figura 4.19, Figura 4.20 y Figura 4.22, destaca el hecho de que los tres grupos incorporaron un episodio de *Introducción al modelo* que tiene por objetivo profundizar en las ideas previas del alumnado sobre el modelo corpuscular de materia.

En el grupo G2 desarrolla este episodio brevemente (12,5% de la práctica dialógica) con un enfoque comunicativo *Interactivo-Dialógico*, que evidencia la apertura de la práctica por parte de las maestras durante este episodio en el que buscan información sobre las ideas previas del alumnado. Las maestras en formación inicial proponen el uso del recurso de *Representación Mental: Gafas Imaginarias* para describir cómo imaginan que es el agua por dentro. Alcanzan la *Escala Micro* al mencionar la idea de que el agua está formada por moléculas y, además, asocian el estado de la materia a la distancia entre las moléculas. Al hablar de movimiento el alumnado reconoce la relación con el calor (temperatura, no energía).

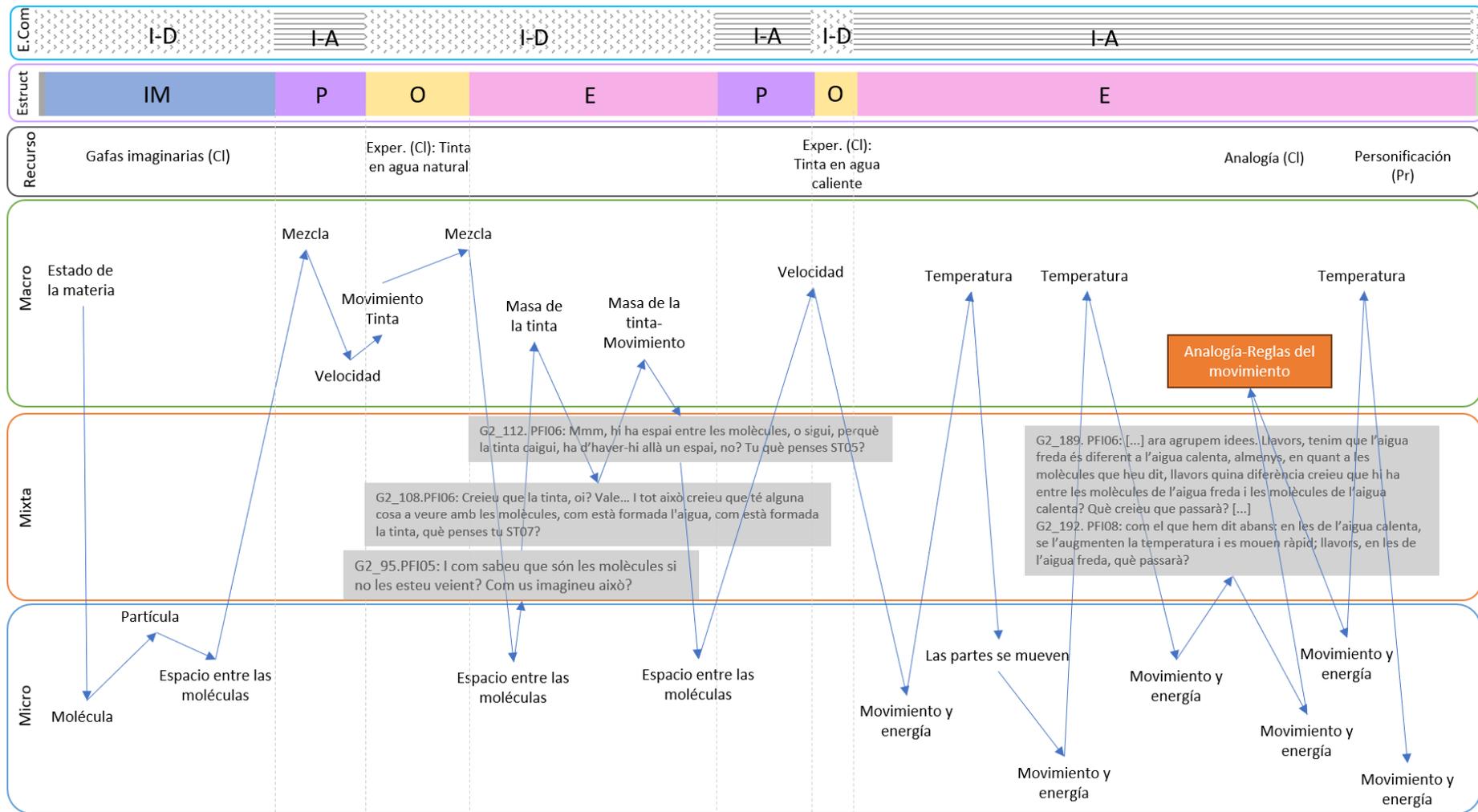


Figura 4.19. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G2.

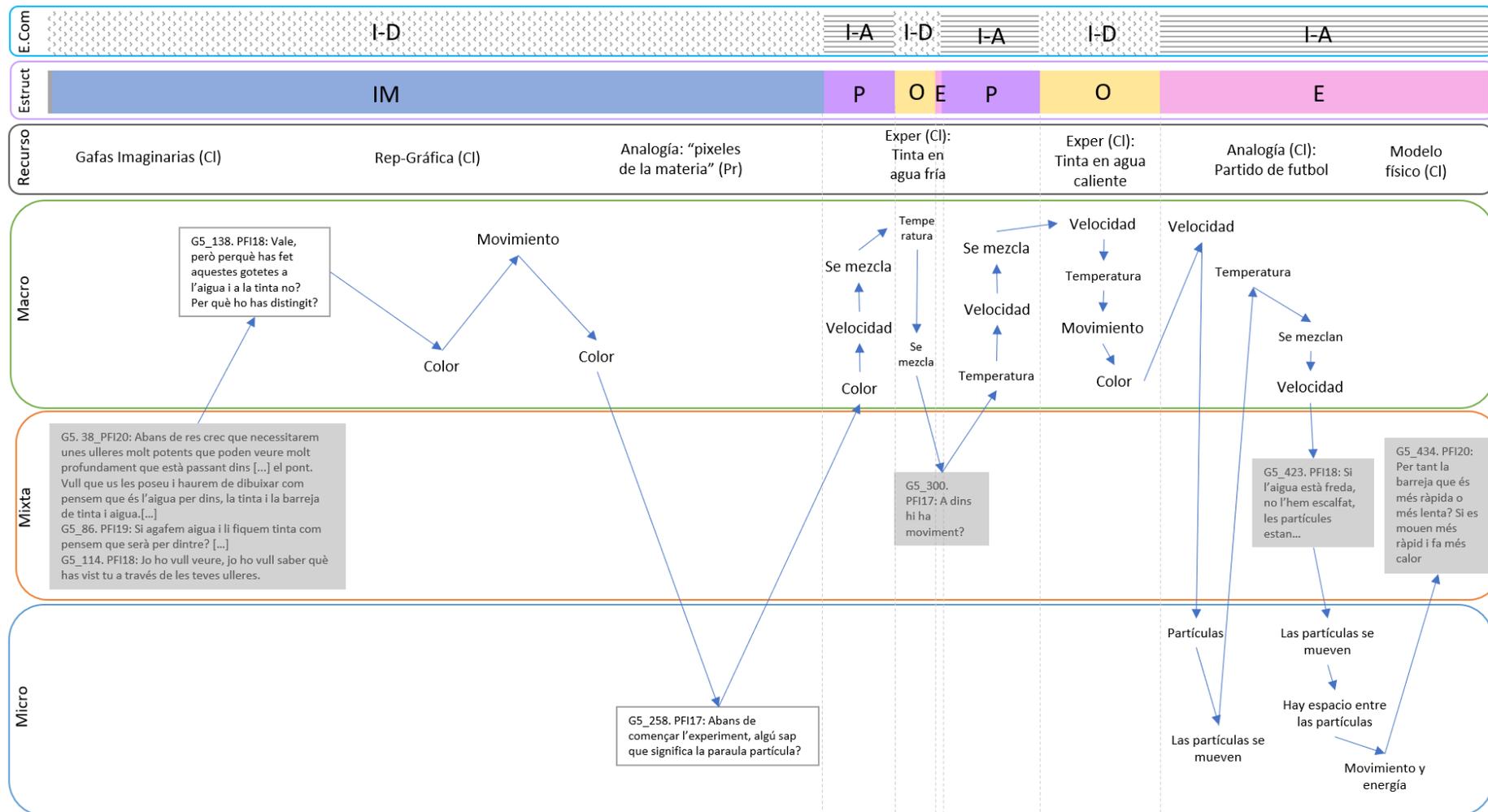


Figura 4.20. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G5.

El grupo G5 también inicia el abordaje del contenido con un episodio de *Introducción al modelo*, pero en este caso, representó casi la mitad de la práctica dialógica (49,6%), también con un enfoque comunicativo *Interactivo-Dialógico*, para indagar sobre las ideas previas del alumnado. Las maestras utilizan el mismo recurso empleado por el grupo G2, al proponer el uso de *Gafas Imaginarias*, pero además proponen el uso de una *Representación gráfica* para que dibujen cómo imaginan por dentro al agua, a la tinta y a la mezcla de ambas, en tres columnas por separado. A continuación, cada niño y niña explica lo que ha representado.

En los dibujos (Figura 4.21), el alumnado del grupo G5, explica que los círculos dibujados representan gotas o burbujas. También se observa que describen propiedades macroscópicas, como el color, de las distintas sustancias, en todos los casos a la tinta, y en dos de estos, atribuyen al agua el color azul o transparente. Esto es coherente con los estudios de Talanquer (2009) en los que afirma que es esperable que estudiantes novatos piensen que un trozo de materia es un medio continuo que puede dividirse en partes más pequeñas (gránulos) que mantienen las propiedades físicas y químicas del trozo inicial, a este patrón lo denomina *Suposición implícita de herencia*.

Según este estudio (Talanquer, 2009), el paso que implica dejar de concebir a la materia como un continuo homogéneo y asumir que es granular, frecuentemente genera la necesidad de considerar un medio en el que están inmersos dichos gránulos, gotas o partículas. En los dibujos del alumnado de este grupo se evidencia como las gotas que dibujan están inmersas en un fondo de color (Figura 4.21). Esto sugiere la limitación esperable de los niños y niñas en asumir el vacío entre esas partes dibujadas, así como en las maestras que no identifican esto como una limitación para abordar las ideas del modelo (Pozo y Gómez Crespo, 2005). Además, una de las niñas menciona que las líneas onduladas son el movimiento del agua.

Todas estas descripciones evidencian que el modelo inicial del alumnado está en transición, desde el supuesto de *Continuidad* al de *Granularidad* (Talanquer 2009), pero las intervenciones de las maestras en formación no son suficientes para que el alumnado interprete el uso de las “gafas poderosas”, y se refiera a las partículas como *Corpúsculos*. Estos datos ponen de manifiesto una limitación por parte de las maestras para utilizar el recurso como un medio para llegar a la idea de partícula en la *escala Micro*, y que evidenciaría que los enunciados de las docentes también están en transición, y que introducen solo la palabra partícula, y no el concepto. Desde el punto de vista del saber hablar un lenguaje más específico, se observa como las maestras ayudan a ir incorporando vocabulario científico, algo que es fundamental

para luego poder llenar de significatividad a esas nuevas palabras tal y como se ha mencionado anteriormente.



Figura 4.21: Dibujos realizados por el alumnado participante del grupo G5.

Finalmente, una maestra pregunta al grupo si conocen el significado de la palabra partícula:

*G5\_258. PFI17: Abans de començar l'experiment, algú sap que significa la paraula partícula?*

*G5\_259. ST16: Sí, són com unes cosetes molt petites, com les bactèries que també serveixen per crear una cosa. Moltes partícules crearien una cosa com, per exemple, una gota d'aigua. I també hi ha nanopartícules.*

*G5\_260. PFI17: També hi ha nanopartícules? Què són més petites o més grans?*

*G5\_261. ST16: Més petites.[...]*

*G5\_264. PFI19: Heu entès el que ha dit? Són parts molt petites que formen una matèria. Per exemple, la fusta de la taula està creada per partícules.*

*G5\_265. ST16: També amb els mòbils i ordinadors hi ha píxels.*

*G5\_266. PFI19: Serien com píxels de la matèria?"*

En este fragmento se evidencian dos aspectos importantes: por un lado, una mezcla de escalas al no profundizar en las respuestas del alumnado cuando hacen referencia a bacterias o nanopartículas, pero no hay información suficiente como para afirmar si las maestras han reconocido o no la confusión. Por otro lado, se vuelve a observar como las docentes buscan introducir una palabra en concreto, en este caso Partícula, lo que ya se presentó en el caso del apartado anterior, asumir de manera ingenua que conocer la palabra facilita o presupone entender el fenómeno. A pesar de ello, puede considerarse como una oportunidad para las maestras, ya que han quedado claras las ideas previas del alumnado sobre las cuales es posible construir ideas más complejas.

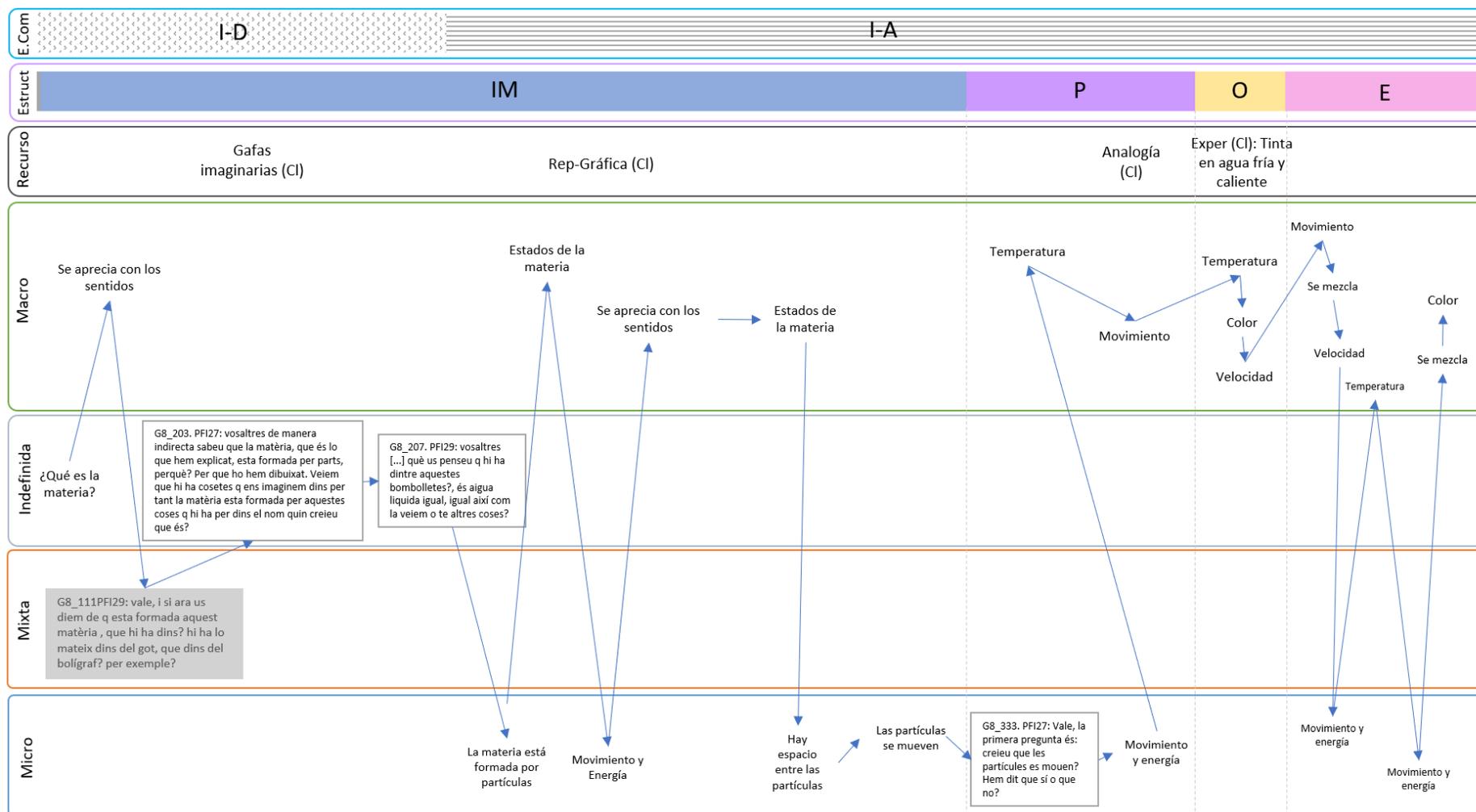


Figura 4.22. Esquema analítico de la práctica dialógica del grupo G8.

En el caso del grupo G8, el episodio de *Introducción al modelo* también tiene una gran extensión (62% de la práctica dialógica), sin embargo, la propuesta es diferente debido a que inician preguntando: *¿qué es la materia?* buscando una definición por parte del alumnado. Al no conseguir la respuesta buscada, las maestras deciden cambiar la propuesta señalando diferentes objetos dentro de la sala a partir de los cuales definir las propiedades apreciables con los sentidos como son el olor, si pueden verse o tocarse, reforzando así el *supuesto sustancialista* que poseen las docentes mostrando sus dificultades para comprender que las propiedades macroscópicas de sustancias que no son preexistentes en ciertas entidades elementales sino que emergen de las interacciones entre estas (Talanquer, 2009). Este cambio de propuesta también se reflejó en un cambio en el enfoque comunicativo del episodio que había iniciado con un enfoque *Interactivo-Dialógico* y pasó a uno *Interactivo-Autoritativo*. Este cambio en el enfoque comunicativo es importante ya que evidencia una reconducción de la conversación en donde las maestras consiguen reorientar la actividad a partir de un objetivo concreto, en este caso el identificar que no conseguían la respuesta deseada.

Además, es importante destacar que las maestras en formación validan la afirmación de que la materia es aquello que puede verse y tocarse. Al hablar del aire no queda claro que sí es materia y, en ese momento, no se profundiza con las preguntas para aclararlo, como se muestra en el siguiente fragmento.

*“G8\_93. PFI29: l’aire seria matèria?”*

*G8\_94. ST25, ST26, ST27, ST28: no*

*G8\_95. PFI27: per tant*

*G8\_96. ST26: perquè no es veu*

*G8\_97. PFI29: però?*

*G8\_98. PFI27: no es veu í?*

*G8\_99. ST25: el podem sentir*

*G8\_100. ST27: no pots tocar*

*G8\_101. PFI27: no que?*

*G8\_102. ST27: no pots*

*G8\_103. PFI27: no pots tocar, molt bé, por tant, que es la matèria?*

*G8\_104. ST27: tot lo que pots tocar i no es invisible*

*G8\_105. PFI27: vale. Tot lo que puc tocar i no es invisible. Que mes?*

*G8\_106. PFI28: que mes*

*G8\_107. ST28: la olor*

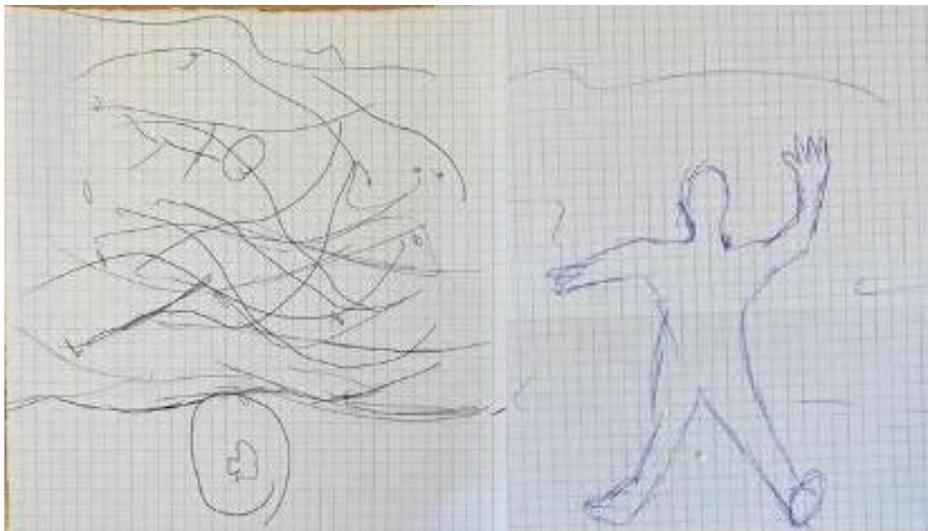
*G8\_108. PFI27: el que puc olorar*

*G8\_109.ST25: el que puc tocar*

*G8\_110. PF127: i el que puc tocar, molt bé, súper, ja tenim la definició, ara ja sabeu el que és matèria”*

Estos son ejemplos de una limitación de las maestras para identificar aquellas oportunidades que se presentan para profundizar en la construcción del conocimiento, estas oportunidades perdidas pueden deberse a una falta de reflexión sobre las dificultades de aprendizaje por parte del alumnado, por el poco dominio del contenido por parte de las maestras, o por ambos. Otro factor que podría influenciar es la incertidumbre que sienten las docentes frente a las preguntas o ideas inesperadas presentadas por el alumnado y que además podría vincularse a una visión tradicional de su rol, al entender el rol docente como detector y validador del saber (Joglar et al., 2019; Larkin, 2012).

A continuación, las maestras del grupo G8 proponen el uso del recurso *Representación Mental: Gafas Imaginarias muy potentes*, para observar al agua por dentro, y luego dibujar eso que imaginan. Al realizar los dibujos, dos de los cuatro participantes dibujan una persona en el agua nadando (Figura 4.23), con lo cual, la escala es diferente a la que se pretende abordar. De esta manera, se evidencia las maestras parecen no reconocer esto como una limitación para profundizar en la escala *Micro*.



*Figura 4.23. Dibujos realizados por dos estudiantes del grupo G8.*

Al solicitar las explicaciones de los dibujos, el alumnado menciona que los círculos que dibujan son, al igual que en el grupo G5, burbujas, y que las líneas onduladas representan el movimiento del agua. Cuando las maestras preguntan qué hay dentro de las burbujas responden que hay gas, pero no reorientan la discusión a la demanda inicial, de imaginar al agua por dentro. En cambio, deciden enfocar la conversación en volver a definir materia.

*“G8\_196. PFI28: vale, tornem al tema de la matèria esta formada per algú, vale? Que es el que esteu dibuixant*

*G8\_197. PFI27: és a dir...*

*G8\_198. PFI29: l'aigua és matèria, no hem dit?*

*G8\_199. PFI27: l'aigua és matèria, i això?(assenyala els dibuix) és lo que creieu que hi ha per dins, per tant?*

*G8\_200. PFI28: i això rep un nom, no sabeu quin és?*

*G8\_201. ST26: el que?*

*G8\_202. PFI28: el nom que rep de que està formada la matèria*

*G8\_203. PFI27: vosaltres de manera indirecta sabeu que la matèria que és lo que hem explicat, esta formada per parts, perquè? perquè ho hem dibuixat. Veiem que hi ha cosetes que ens imaginem dins, per tant la matèria esta formada per aquestes coses que hi ha per dins, el nom quin creieu que és?*

*G8\_204. ST26: no se, però depèn de l'aigua, hi han bactèries no?”*

Como puede observarse en estos enunciados, las maestras reinterpretan los dibujos y al considerar los círculos dibujados como partículas para afirmar así, que la materia está formada por partes y avanzar, sin hacer aclaraciones respecto a la escala, ignorando la idea mencionada por el alumnado, de que en el agua hay bacterias y burbujas, que corresponden a otra escala. Como consecuencia, cuando preguntan qué son las partículas, se evidencian confusiones por lo que las maestras deciden introducir una definición y avanzar:

*“G8\_225. PFI28: I sabeu què són les partícules?*

*[...] G8\_228. PFI28: Què són?*

*G8\_229. ST27: Són com bombolles?*

*G8\_230. PFI29: Vale, les partícules són les petites parts de les que està formada la matèria.*

*[...]G8\_236. PFI29: Llavors, ara tenim l'aigua, que sabem que són partícules i el colorant que sabem que també està format per partícules.”*

Esto implica que, si bien las maestras seleccionan una actividad que permite que emerjan las ideas previas del alumnado, para luego trabajar sobre ellas; son ellas quienes introducen las *entidades* (partículas) y luego *las reglas* del modelo, para explicar los estados de la materia, utilizando como recurso modelos gráficos que analizan junto al alumnado. De esta manera, es el discurso del profesorado conduce a una escala micro, culminando el episodio de la siguiente manera:

*“G8\_ 313 PFI28: Sí, en el gas les partícules van molt més lliures. (Ensenya el dibuix del sòlid). Veieu aquí que tenen un ordre molt més establert, (ensenya dibuix del líquid) aquí ja es separen una mica, (ensenya dibuix del gas) i aquí cada partícula va a la seva bola?”*

*G8\_ 314 TOTS: Sí!*

*G8\_ 315 PFI27: Això serien el que hem dit que són les partícules que formen la matèria, és a dir, partícules que formen el llibre, el suc i el gas.[...]*

*G8\_ 319 PFI29: Llavors quins conceptes tenim?*

*G8\_ 320 STXG8: Sòlid, gas i líquid.*

*G8\_ 321 PFI29: I què més? La matèria està formada per?*

*G8\_ 322 STXG8: Partícules.*

*G8\_ 323 PFI28: Llavors, aquestes partícules creieu que es mouen?*

*G8\_ 324 STXG8: Sí.*

*G8\_ 325 PFI27: Es mouen o sempre estan quietes?[...]*

*G8\_ 328 STXG8: A sí és líquid, gas o sòlid. Vale, ja sé, em sembla que ho sé, Quan és sòlid es queden quietes, quan és líquid es mouen i quan es gas estan una mica esparcides.*

*G8\_ 329 PFI29: Vale.*

*G8\_ 330 PFI28: I en un líquid, es poden moure igual o diferent.*

*G8\_ 331 TOT: Diferent.”*

Estos resultados ponen de manifiesto de qué manera las maestras, mediante las prácticas dialógicas, consiguen acompañar al alumnado a explicar el fenómeno desde su lenguaje cotidiano, sino que además proponen el uso de palabras más precisas y específicas. Esto ocurre mediante un enfoque comunicativo determinado, como es el caso del Interactivo-Autoritativo. Se observa también cómo, cuando las maestras no saben qué hacer con las ideas del alumnado para hacerlas crecer, son ellas quienes presentan la entidad o regla del modelo. En este sentido, es importante destacar que, aunque las maestras realizan esta integración, esto no implica que los niños y niñas lo hagan autónomamente.

Al analizar las prácticas realizadas por estos grupos también destacó el desarrollo de los episodios de *Explicación*. En el caso del grupo G2, en la primera explicación realiza la una interpretación de lo observado y del porqué, a partir de las ideas clave del modelo científico escolar y en una *Escala Micro*. Así, se refieren también la idea de que las partículas de tinta y agua pueden mezclarse debido a que hay espacio entre ellas, como se muestra en el siguiente fragmento:

*“G2\_109.ST07: Doncs, no sé. Que com a l'aigua les molècules estan separades, doncs la tinta, com les molècules estan separades, ha anat barrejant-se.*

*G2\_110. PFI06: S'ha anat barrejant. I tu ST06?*

*G2\_111. ST06: Doncs que les molècules, emm, doncs s'han ajuntat perquè com són dos líquids i hi ha una mica d'espai entre les molècules, les molècules han..."*

Además, y dentro de este episodio, vale la pena detenerse en el enunciado G2\_126 de la alumna ST06, en el que se busca explicar el porqué del movimiento de las partículas en un líquido:

*"G2\_126. ST06: Sí, perquè el líquid es pot moure i això fa que les molècules estiguin més separades."*

Esto podría analizarse como un modelo intermedio, en el que se supera la idea de que las partículas están quietas para que puedan referirse a su movimiento. Para poder hacerlo, necesitan identificar el agente externo que provoca el movimiento, es decir, necesitan la causalidad para justificar (Talanquer, 2009), pero no profundiza en si esta causa efecto es coherente o tiene sentido. Por otra parte, no solo tienen limitada comprensión de las distancias entre partículas, también de las fuerzas entre ellas y el tamaño de estas. Probablemente, uno de los requisitos para que las maestras puedan identificar estos modelos transitorios y hacerlos crecer, sea tener muy buena base científica.

Durante la segunda Explicación del grupo G2 (Figura 4.19), parece haber quedado la idea de que, a mayor temperatura, mayor espacio entre las partículas y no mayor movimiento:

*"G2\_187.PFI08: Vale, o sigui, amb un augment de temperatura les molècules es mouen molt més ràpid no? Hi ha més espai i llavors, què passa amb la tinta?"*

*[...]*

*"G2\_218.PFI07: exacte. I a més tu mateix abans ho has dit ST06, que creies que les molècules estaven separades amb el moviment i que per això la tinta passava més ràpid, si? Llavors si ara m'haguéssiu de donar una definició exacta del que ha passat i del que heu vist en aquest experiment, quina seria? Per què creieu que ha passat això? Durant l'experiment ho heu dit, però si ho haguéssiu de resumir en dues frases, quines serien?"*

*G2\_219.ST05: que amb l'aigua calenta la tinta es barreja molt més ràpid que amb aigua freda.*

*G2\_220.PFI07: Molt bé i per què?*

*G2\_221.ST05: perquè l'aigua calenta jo crec que deixa com més espai perquè puguin travessar les molècules de tinta.*

*G2\_222.PFI07: Vale, i aquest espai per què hi és? Amb què ho relacionem?*

*G2\_223.PFI08: pensa en l'exemple de les persones.*

*[...]*

*G2\_225.ST05: s'han mogut i llavors l'aigua calenta es mou molt més ràpid que l'aigua freda.*

*G2\_226.PFI08: les partícules no?*

*G2\_227. (El ST05 ha assentit)"*

Hay una convivencia de la interpretación desde una escala *Micro* y *la Macro*, como puede observarse en los enunciados número G2\_219, G2\_221 y G2\_225, en los que la ST05 sintetiza desde lo *Macro*, que es recuperado por la maestra y traducida la idea a un lenguaje más propio del modelo partículas, ayudando así al alumnado a expresar con palabras más precisas a su explicación, en el enunciado G2\_226.

A partir del enunciado G2\_197, mientras desarrolla la analogía se observa cómo, para hacer concretas algunas de las reglas del modelo. Es decir, para representar las reglas del modelo, proponen la analogía de la plaza a una *escala Macro*, que permite explicar el comportamiento de las partículas (resaltado en color naranja en la Figura 4.19). Esto significa que, al presentar este recurso se está haciendo foco en el modelo y sus reglas, pero desde una *Escala Mixta* que permite la interpretación del movimiento de las partículas. Estos enunciados van acompañados de enunciados *Puente entre el Fenómeno y el Modelo* que tienen la función de conectar lo observado con las ideas del modelo. Esto implicó que, a lo largo de este episodio, no solo logran establecer la relación entre la velocidad en la que se mezcla el agua y la tinta con la temperatura, sino que además pueden explicarlo en relación con el movimiento de las partículas en cada caso.

Finalmente, y para sintetizar la discusión dos docentes expresan lo siguiente:

*"G2\_255.PFI07: molt bé. Sí, aquesta és la síntesi bàsicament a la que volíem arribar. Que us quedéssiu bàsicament amb la idea de que a més temperatura més moviment hi ha de les molècules, i per això hi ha més espai i passen més ràpid.*

*G2\_256.PFI08: I també que les partícules es mouen entre elles i depenent de la temperatura es mouen més ràpid o més lent."*

Por otra parte, en el grupo G2, es interesante analizar cómo se secuencian los enunciados desde las categorías de la Dimensión Científica, inicialmente se habla de las *Entidades* y luego *las Reglas* (espacio entre las partes, las partes se mueven y finalmente, asocian el movimiento a la energía) evidenciando una progresión entre las ideas.

Al analizar el grupo G5 (Figura 4.20), se observó que, en el primer episodio con el objetivo de explicar, se realiza una interpretación de lo observado a partir de las ideas del modelo. Así, interpretan que la tinta y el agua fría se mezclan lentamente porque las partículas se mueven lentamente:

*“G5\_300. PFI17: A dins hi ha moviment?”*

*G5\_301. ST16: Si entre partícula i partícula. Es mou molt lentament perquè està agafant partícules i les està posant de color.”*

Como puede observarse en el fragmento anterior, el G5\_ST16 considera que las partículas de agua y las de sal se van tiñendo, una idea muy común entre niños y niñas de primaria, y no porque las partículas de tinta se mezclan con las de agua (Barker, 2000). Aquí se observa también que atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas de agua, y se deja de lado la idea de que la tinta también está formada por partes.

Al desarrollar el segundo episodio de *Explicación* (grupo G5), las maestras le piden al alumnado que explique las diferencias entre las dos experiencias observadas, es aquí cuando introducen la entidad partículas sin conectar el fenómeno con el modelo; esto provoca que el alumnado vuelva a mencionar las burbujas a las que habían hecho referencia durante la fase de *Introducción al modelo*. Por otra parte, y aunque presentan la *Analogía (partido de fútbol)* y el *Modelo Físico* (recipiente con arroz y sal de mesa) para poder justificar lo observado, son las maestras quienes presentan la interpretación de los fenómenos observados en la escala Micro. Esto implica que, aun utilizando recursos conocidos, tienen dificultades a la hora de abordar la idea clave del modelo.

Además, en este episodio, si bien las maestras proponen interpretar las diferencias observadas al incorporar una gota de tinta en agua fría y otra en agua caliente, y aunque son ellas quienes mencionan que las partículas se mueven más rápido en agua caliente, durante la conversación no logran hacer explícito cómo el calor afecta a la velocidad en la que las partículas de tinta se mezclan con las de agua en los dos casos. Es decir, no realizan una relación entre la temperatura y la velocidad de dispersión.

En el grupo G8 se identifica un solo episodio de *Explicación* (Figura 4.22), en el que se realiza la una interpretación de lo observado y se fundamenta a partir de las ideas clave del modelo científico escolar y desde una escala *Micro*. Durante este episodio, se analiza la diferencia que se observa al colocar una gota de tinta en agua fría y en agua caliente, donde relacionan la velocidad con la que se mezclan la tinta y el agua al asociar el movimiento de las partículas con la temperatura.

Aunque, como ya se ha mencionado, parece que las maestras se refieren indistintamente a calor y a temperatura, en el caso de este grupo, proponen al alumnado diferenciarlas:

*G8\_461.PFI29: Llavors, de que depèn que les partícules es moguin més ràpid o més lent?*

*G8\_462.ST27: Perquè el calor...*

G8\_463.PFI28: Però el calor que és?

[...]

G8\_477.PFI27: Si jo tinc calor o tinc fred, que hem posen si tinc fred o calor?

G8\_472.ST25, ST26, ST27, ST28: Termòmetre

G8\_473.PFI27: I això que medeix, mesura?

G8\_474.ST26: La temperatura

[...]

G8\_477.PFI29: Pot ser llavors la temperatura un factor que faci que les partícules més ràpid o més lent?

G8\_478.ST26: Sí

El desarrollo de las prácticas dialógicas (grupos G2, G5 y G8) en estos grupos coincidió con lo esperado en la relación entre el objetivo didáctico del episodio y la escala (Figura 4.24). Así se esperaba en los episodios de *Observación* y *Predicción* predomina la *escala Macro* debido a que en estos episodios los recursos predominantes se enfocan en las experimentaciones. Por otra parte, es en los episodios de *Introducción al modelo* y en los de *Explicación*, en los que se concentran la mayor cantidad de enunciados de la *escala Micro*. Además, estos presentan la mayor cantidad de enunciados de la *escala Mixta*, que pueden considerarse como intermediarios, ya que permiten vincular las evidencias con las ideas clave del modelo.

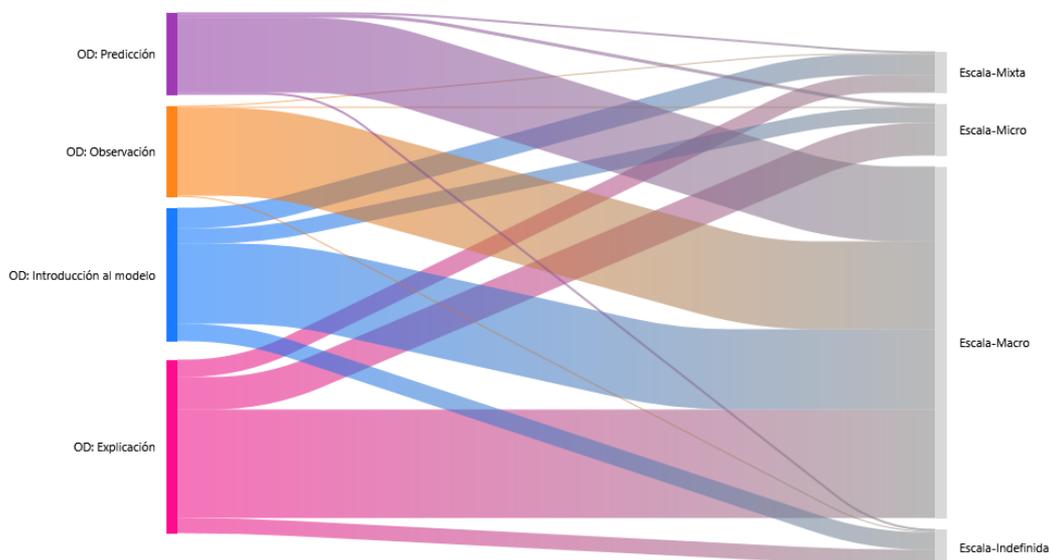


Figura 4.24. Diagrama de coocurrencia entre el objetivo didáctico y la escala.

Por todo lo presentado, es posible afirmar que a lo largo de las 8 prácticas dialógicas se promovió la evolución de los modelos iniciales del alumnado mediante el dialogo entre todas las participantes. Sin embargo, también se evidenció la dificultad de las maestras para

complejizar estos modelos. Así, aunque pudieron abordar el supuesto de *continuidad* de la materia generando un diálogo en torno a distintas propuestas, no hay evidencias suficientes para afirmar que alcanzaron, en todos los casos la idea de *corpuscularidad*. En cambio, sí se observaron evidencias de modelos intermedios que se refieren a la estructura de la materia como *granular*, que considera está hecha de pequeños trozos del mismo material. Como es esperable, de la mano de esta idea, se considera que esos pequeños trozos “heredan” las propiedades macroscópicas del material en cuestión (Talanquer, 2009, 2014). Además, las maestras pudieron referirse al movimiento de las partículas, pero siempre en relación con un agente causal del movimiento externo, como fue la temperatura y no como una propiedad intrínseca de dichas partículas. Esto también representa una progresión respecto a considerar a las partículas como estáticas (Benarroch, 2001; Talanquer, 2009).

Más en detalle, se demuestra que, en términos generales, las docentes tienden a adoptar un nivel de sofisticación de corte "*corpuscularista*" respecto a las propiedades los materiales, presuponiendo que las características de los materiales están directamente relacionadas con las propiedades de partículas submicroscópicas inherentes. No obstante, dichas propiedades parecen ser inferidas a partir de las características macroscópicas de los materiales (Talanquer, 2018). Respecto a los niveles de sofisticación para los comportamientos explícitos de los materiales, el diálogo de las maestras presentó características de la postura descrita como "*causalismo centralizado de múltiples partículas*". Así, las maestras reconocen que naturaleza particulada de la materia provoca cambios en los componentes para justificar comportamientos físicos y las propiedades observadas, son atribuidas a las disposiciones o acciones de las partículas (Talanquer, 2018).

Por otra parte, la presencia de enunciados de *escala Indefinida*, que en muchos casos convivieron con enunciados de otras escalas dentro de un mismo episodio, podría ser otra evidencia de que el modelo corpuscular de la materia alcanzado por las maestras también está en transición hacia otros más sofisticados.

Además, podría considerarse que, así como se identificaron modelos intermedios de las ideas clave, también se evidencia una evolución en el discurso de las maestras, que van cargando de significado las “palabras/entidades”. Es decir, a través de los distintos episodios y las distintas actividades propuestas construyen un discurso que presenta las entidades y las relaciones entre ella. Es evidente que el uso y construcción del discurso no es trivial ni intuitivo en estas prácticas, ya que involucra un cierto dominio de aspectos relacionados tanto a la dimensión científica, como a la didáctica y la dialógica.

## Capítulo 5: Conclusiones

---

5.1 Conclusiones

5.2 Limitaciones de la investigación

5.3 Implicaciones y líneas futuras

En este capítulo se presentan las conclusiones de esta investigación realizada para poder dar respuesta a la pregunta de investigación **¿Cómo dialogan las maestras en formación inicial con niños y niñas sobre el modelo corpuscular de la materia?** Además, se proponen las limitaciones de esta investigación, las implicaciones didácticas y líneas futuras.

## 5.1 Conclusiones

Las conclusiones son presentadas a partir de los objetivos que han guiado la investigación y que se detallan a continuación:

**O1.** Analizar y caracterizar la dimensión didáctica identificando qué estructura presentan las prácticas dialógicas diseñada e implementada por maestras, así como identificar los recursos utilizados en ellas.

**O2.** Analizar la dimensión dialógica caracterizando en las prácticas dialógicas las interacciones entre maestras y estudiantes, el enfoque comunicativo, y el discurso de las maestras en formación en las prácticas implementadas.

**O3.** Analizar la dimensión científica, describiendo las características específicas de las ideas científicas abordadas por las maestras y el nivel de concreción expresado del modelo corpuscular de la materia.

**O4.** Analizar y caracterizar la relación entre las diferentes dimensiones en las prácticas dialógicas implementadas por maestras en formación inicial.

### 5.1.1 Conclusiones relacionadas con el objetivo O1.

A continuación, se presentan las conclusiones relacionadas con el objetivo O1, en el que se propuso analizar y caracterizar la *dimensión didáctica*, identificando qué estructura presentan las prácticas dialógicas diseñadas e implementadas por maestras, así como identificar los recursos utilizados en ellas.

Las practicas propuestas se estructuran siguiendo diferentes objetivos didácticos para favorecer la modelización.

Las maestras proponen una secuenciación de actividades que siguen un patrón POE incorporando también un episodio específico para introducir el modelo. En este tipo de prácticas, las maestras han reconocido la necesidad de contextualizar el modelo para que, a partir de allí, los niños y niñas puedan construirlo, de esta manera se evidencia un patrón de secuenciación más completo, que va más allá de la secuencia POE. Estas propuestas coinciden e integran las etapas presentadas en otras investigaciones como la de Jiménez-Liso (2020), quien valora la importancia de la expresión de ideas personales y la búsqueda de pruebas para la construcción de modelos explicativos.

Destaca entre los resultados, que en ningún caso se incorporó un episodio específico de regulación en la construcción del nuevo conocimiento. Si bien promueven la explicitación de las ideas previas, no analizan cómo han evolucionado o no estas ideas al final de la práctica. Estos resultados ponen de manifiesto las dificultades de las maestras para reconocer la importancia de los procesos de regulación en la construcción del conocimiento y con ello, la necesidad de incorporar dichos procesos en las prácticas POE para así complejizarlas (Aguada Berteá et al., 2021).

Las predicciones se entienden como afirmaciones de lo que puede ocurrir, no como maneras de expresar el modelo mental acerca de lo que sucederá.

Las maestras reconocen la importancia de promover la formulación de predicciones como parte de sus prácticas, aunque evidencian ciertas limitaciones. La formulación de predicciones debería permitir verbalizar, de la manera más acabada posible, las expectativas que el alumnado tiene sobre el fenómeno en estudio, desde sus modelos propios. Así, estas predicciones pueden ser confrontadas con las observaciones. Es decir, la formulación de predicciones no es considerada como una oportunidad que permite que niños y niñas verbalicen su modelo inicial de pensamiento relacionándolo concretamente al fenómeno, sino

que es solo para expresar qué se espera que ocurrirá, y sin justificar el por qué. Es el conflicto expectativa-realidad el que promueve el aprendizaje.

Que las maestras no logren solicitar predicciones complejas, en las que incluyan no solo una afirmación sobre lo que piensan que pasará, sino también su justificación, es un aspecto que necesita más investigación. En este sentido, es necesario saber si se debe al desconocimiento de la importancia de la fundamentación de las predicciones como forma de expresar el modelo mental, o si es una dificultad inherente al no dominar el contenido, o bien una combinación de ambas. El hacer consciente a las maestras de la necesidad de fundamentar las predicciones, también les ayudaría a conocer mejor, no solo las ideas del modelo inicial, sino también cómo las relacionan, para poder interpretar dicho modelo inicial.

De los resultados emerge también la necesidad de enfatizar, en la formación del profesorado, el valor que tiene recuperar las ideas aportadas por el alumnado durante las predicciones, ya que tendrán un rol predominante en la evolución de las ideas hacia modelos más complejos.

Las preguntas de las maestras guían la observación de los niños y niñas haciendo visibles variables no contempladas en un inicio, especialmente en aquellos casos en los que las experimentaciones habían sido trabajadas durante su formación.

Las preguntas propuestas por las maestras promovieron la identificación de las distintas variables del fenómeno, especialmente cuando ellas habían experimentado previamente con la práctica o el recurso durante su formación. De esta manera se favoreció que los niños y niñas realicen descripciones más completas de lo observado.

Se observaron dificultades para poder guiar el diálogo hacia la confrontación entre la expectativa (predicción), la realidad (observación), y el propio modelo, lo que condicionó las explicaciones. Es decir, no incorporaron las predicciones del alumnado a las preguntas formuladas en episodios posteriores. Esta limitación evidencia la dificultad que representa, para las maestras en formación, poder controlar todas las variables que intervienen en una observación guiada, y en el reto que representa conectar las ideas que van surgiendo en los diferentes momentos de la sesión.

Las explicaciones son generalmente proporcionadas por las maestras, a pesar de que promueven el diálogo para que lo hagan los niños y las niñas.

En general se observó que las maestras guían el diálogo de las explicaciones con diferentes preguntas que, junto con los distintos recursos proporcionados en estos episodios, muestran el interés de las maestras en hacer partícipe al alumnado en la construcción de las ideas científicas. También pone en evidencia que el objetivo que guiaba toda la práctica dialógica era construir estas ideas científicas (haciendo que, prácticamente siempre, el enfoque comunicativo utilizado fuera Autoritativo).

También se observó que cuando las explicaciones del alumnado distaban de las del conocimiento científico escolar o no las hacían explícitas, fueron las maestras quienes aportaron la explicación final, incluso haciendo explícita la interpretación que se hace del modelo en la escala micro, con los recursos empleados. Esto pone de manifiesto una dificultad por parte de las maestras a la hora de acompañar a los niños y niñas en la construcción de las explicaciones, y que, en muchos casos, no fueron capaces de integrar los aportes del alumnado a dicha explicación. Esto, además, podría interpretarse como la dificultad que tienen para dialogar con los modelos intermedios (es decir aquellas formas de pensar que se están acercando a la científica, pero aún no están completas) tal y como planteo Talanquer (2009). Este resultado, enfatiza la necesidad de incorporar en los planes de formación de maestros propuestas sobre cómo dialogar con niños y niñas sobre ciencia, ya que en la escuela los modelos que tienen los niños y niñas, y a los que se debe llegar, son siempre intermedios.

Los modelos físicos y las representaciones gráficas utilizados durante las prácticas fueron los recursos que mediaron en las explicaciones más complejas, favoreciendo el cambio de escala.

Una de las dificultades inherentes a la construcción de las ideas del modelo corpuscular de la materia, es el cambio de escala que implica pasar desde lo observable a lo no observable a nivel de partícula, especialmente en el caso de la educación primaria. En los resultados, se observa que los recursos que favorecieron el cambio en la escala, de un nivel macroscópico, concreto y observable al nivel microscópico, abstracto y no observable, fueron principalmente los *Modelos Físicos* y las *Representaciones gráficas*. Ambos recursos permiten la materialización de las entidades (la partícula) así como la identificación de sus propiedades (especialmente el movimiento), lo que podría explicar su utilidad. Si bien no se pueden obviar las limitaciones de las maestras ya descritas, como, por ejemplo, la dificultad que tuvieron en algunos grupos para traducir al lenguaje y escala del modelo. Los modelos físicos formados por

“bolitas”, presentan además la dificultad de confundir la bolita con la partícula, es decir, promoviendo que confundan las partes (bolitas de porexpan) con las partículas. Esto muestra, a su vez, la limitación para mediar entre el recurso y el modelo. A pesar de ello, se observa que se han valido de estos recursos para visualizar sistemas abstractos a través de objetos conocidos y dialogar sobre las entidades y reglas abstractas.

Los recursos que han resultado más eficientes son también aquellos que se  
habían trabajado durante la formación de las maestras

El hecho de que las maestras mostraran un mayor manejo de los recursos, cuando éstos eran conocidos por ellas (como estudiantes), pone en valor el acuerdo de la comunidad de formadoras del profesorado en desarrollar simultáneamente el conocimiento científico y didáctico. Además, destaca la importancia de la atención al diálogo e interacciones que se proponen, debido a que esto también es considerado por las maestras para sus prácticas futuras (Desimone et al., 2002; Haefner & Zembal-Saul, 2004; Jeanpierre et al., 2005; Martínez Chico et al., 2015).

Esto puede ser debido a que cuando usaban recursos que eran conocidos por ellas como estudiantes, podían llegar a utilizarlos de una forma más adecuada. Esto es seguramente porque cada práctica fue ampliamente discutida durante la asignatura de *Didàctica de la matèria l'energia i la interacció*, en la que se discute el uso del recurso. Este resultado podría mostrar también la dificultad de acceder plenamente a los recursos didácticos cuando estos se extraen directamente de otras fuentes, y que difícilmente podrán ser usados con toda su complejidad. Para las formadoras docentes, también es importante discutir si en la formación inicial se debe enseñar a diseñar actividades o a reflexionar sobre actividades paradigmáticas, dejando el diseño para los cursos de especialización, ideas que están siendo discutidas actualmente. Vistas las dificultades, seguramente se deberían destinar los recursos a que las futuras maestras conozcan en profundidad una serie de actividades paradigmáticas, antes de fomentarles que diseñen de nuevas.

#### 5.1.2 Conclusiones relacionadas con el objetivo O2.

Se presentan a continuación las conclusiones relacionadas al objetivo O2 en el que se propuso analizar la *dimensión dialógica*, caracterizando las interacciones entre maestras y estudiantes, el enfoque comunicativo, y el discurso de las maestras en formación en las prácticas dialógicas implementadas.

### Las maestras varían el ritmo discursivo en función del objetivo didáctico del momento de la actividad.

Las maestras utilizan principalmente un enfoque comunicativo Interactivo-Autoritativo en los distintos episodios POE, concluyendo así que las maestras han guiado las actividades con un objetivo preestablecido. Esto proporcionó al discurso ese carácter Autoritativo, con el que las maestras evidencian por un lado el dominio de la situación y, por otro lado, el dominio del contenido, que permitieron llegar, aunque con ciertas limitaciones, a niveles de abstracción más altos, especialmente en las fases de explicación. Por otra parte, tal y como muestran los resultados, hay un discurso Autoritativo más simple donde el objetivo es que, por ejemplo, los niños y niñas se limiten a nombrar las entidades del modelo. En cambio, hay otros momentos, en los que este enfoque comunicativo tiene como objetivo construir las reglas del modelo y así conseguir que verbalicen una forma de pensar determinada (no sólo mencionar la palabra).

Además, se observa que han sido capaces de variar el ritmo discursivo en ciertos casos, como en los episodios donde introducen el modelo, en los que el discurso presentó un enfoque Interactivo-Dialógico, debido a que el interés está en que se explicita el modelo inicial del alumnado. Esto es coherente con la propuesta de Scott et al. (2006), quienes mencionan que, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es importante que ocurran cambios progresivos entre episodios dialógicos y autoritativos, en función de los objetivos de la docente que van cambiando a lo largo de una secuencia. A pesar de ello, no todos los grupos de maestras pudieron generar estos cambios. Es importante destacar que esto también puede deberse a las propias características de la práctica, ya que eran muy acotada en el tiempo y desconectadas de la formación cotidiana de las participantes.

### El enfoque Interactivo-Dialógico predomina en los momentos donde se promueve que la explicitación de los modelos iniciales, sin que las ideas sean retomadas posteriormente para la construcción del modelo.

Que las maestras incorporen episodios con un enfoque comunicativo Interactivo-Dialógico, por ejemplo, al inicio de la sesión, promovió que los niños y niñas explicitasen sus modelos iniciales. No obstante, se observó que las maestras mostraron cierta dificultad para reconocer las ideas alternativas más comunes para la construcción del modelo corpuscular de la materia, por lo que, en la mayoría de los casos, las ideas del alumnado no fueron reconsideradas en episodios posteriores, resultados ya descritos en la literatura (Larkin, 2012; Levin & Richards, 2011; Stein et al., 2015; Tekkumru-Kisa et al., 2022).

Además, también se observa cómo hay dificultades para explorar en estos modelos iniciales una vez han sido ya explicitados, de manera que las maestras no repreguntan para intentar comprender ellas cuál es el modelo inicial. Parece ser que esta fase de exploración se entiende sólo para que los niños y niña expliciten sus ideas, no para que las maestras comprendan cuál es su modelo inicial, a partir del cual se deben construir las nuevas ideas.

Las maestras promueven más las interacciones maestra-niña o niño que las interacciones entre ellos.

Los resultados muestran como el patrón de interacción más frecuente es el IRE (pregunta de iniciación, respuesta del alumnado, evaluación de la docente), aunque también se observaron enunciados de mayor demanda cognitiva que promueven el razonamiento, por ejemplo, los enunciados de las categorías Solicitar una Justificación o una Explicación. Es decir, se observó un patrón de diálogo maestra-niño o niña, en el que las docentes están en el centro de las interacciones, es decir plantean las preguntas y esperan las respuestas por parte del alumnado y así sucesivamente, esto coincide con el formato de *instrucción* propuesto por Gómez Zaccarelli et al. (2018). Esto puede deberse al propio diseño de la actividad, que, al hacerlas centrarse en su intervención, no crean espacios para que los niños y niñas conversen entre ellos. Además, también podría evidenciar la complejidad que tiene para las maestras favorecer, por ejemplo, discusiones entre los niños y las niñas y/o que sean ellos quienes plantean las preguntas, y luego recuperar estas discusiones para la construcción del conocimiento. Este es también un reto para las formadoras docentes, para ayudar a plantear y preparar situaciones donde el diálogo no sea dirigido por las maestras, pero que a la vez sea retomado para el objetivo de la sesión.

### 5.1.3 Conclusiones relacionadas con el objetivo O3:

En este apartado se presentan las conclusiones vinculadas al objetivo O3, en el que se propone analizar la *dimensión científica*, describiendo las características específicas de las ideas científicas abordadas por las maestras y el nivel de concreción expresado del modelo corpuscular de la materia.

La identificación explícita de la escala en la que sucede el fenómeno y de aquella desde la cual se explica el modelo, es crucial en la modelización.

Los resultados muestran que las maestras buscan hacer explícita la relación entre ambas escalas: la del fenómeno, que podría entenderse como la escala macro, y la de las entidades del modelo que se situaría en la escala micro; promoviendo la mediación, entre el fenómeno y

el modelo, aspecto fundamental para la modelización (Márquez et al., 2004). Para que esta mediación exista es por lo tanto necesario plantear el nivel micro. Los resultados también mostraron dificultades que esta mediación tiene, ya que en algunos casos no llegan al nivel micro y en otros casos es difícil identificar la escala a la que hacen referencia ya que atribuyen propiedades del nivel macro a las entidades del nivel micro.

Es importante considerar y hacer explícita en la formación docente que, cuando se realiza una explicación que implique el movimiento entre estas dos escalas, los pasos deben hacerse explícitamente (Scott et al., 2011). Más en detalle, cuando se realizan experimentaciones o se presentan recursos para abordar reglas del modelo corpuscular de la materia, por ejemplo, las partículas se mueven, es importante que se explicita cómo los elementos y características del recurso se traducen a nivel de partículas. Así, el profesorado formador modela el paso entre estas dos escalas.

#### Las maestras presentan un modelo en transición al modelo corpuscular de la materia

Esta investigación evidenció que las maestras en formación presentan ideas en transición hacia el modelo corpuscular de la materia, aspecto que también identificó Talanquer (2009), después de haber transitado por una asignatura en la que se abordan diferentes aspectos del modelo. Aceptar y visibilizar que las docentes poseen modelos intermedios es coherente con la epistemología de la construcción del propio conocimiento, y podría favorecer una visión de ciencia, así como del propio proceso de enseñanza-aprendizaje, más coherente con las visiones actuales. Además, seguramente ser conscientes del tipo de modelo que poseen y sus limitaciones del propio modelo ayudaría a entender mejor cómo lo están construyendo nuestras alumnas y alumnos y de qué manera acompañar en el proceso de construcción.

#### Las ideas clave designadas a las maestras generaron distintos niveles de dificultad en su abordaje

Las ideas clave asignadas a las maestras implicaron construir, una relación de parte (La materia está formada por partículas) y las otras relaciones de regla (las partículas ocupan espacio y Las partículas se mueven), así como construir la entidad de partícula (Thagard, 1990).

Los resultados muestran cómo no todas las ideas fueron igual de complejas de abordar. Por ejemplo, resultó más simple para las maestras desarrollar la idea “Las partículas se mueven” que la de “La materia está formada por partes”. Probablemente esto se deba a que es más evidente el interpretar que hay “algo”, que se mueve más rápido en agua caliente respecto al

agua fría, porque también se percibe en el mundo observable, por ejemplo, utilizando tinta. En cambio, construir la idea que “La materia está formada por partes” implica construir a la entidad partícula, es decir, construir la protagonista del modelo, que no es observable en el mundo del fenómeno. Sin embargo, La idea que mayor dificultad presentó fue la de “Las partículas ocupan espacio”, debido a que se está haciendo hincapié en cómo es la partícula, y su observación en el mundo macro se confunde con el propio fenómeno. Así, las maestras consideraron que pensar que, si el agua ocupa espacio, ya puede ser suficiente para generar las explicaciones, sin tener que pensar en que son las partículas las que ocupan espacio.

A pesar de las limitaciones observadas en la investigación, consideramos que estos datos apoyan las propuestas de la construcción del conocimiento científico en progresión y vinculado a las ideas claves, como por ejemplo los publicados por Talanquer (2009, 2020)

#### 5.1.4 Conclusiones relacionadas con el objetivo O4.

Se presentan a continuación las conclusiones asociadas al objetivo O4 de analizar y caracterizar la relación entre las diferentes dimensiones en las prácticas dialógicas implementadas por maestras en formación inicial.

Llevar a cabo las prácticas dialógicas implica dominar no sólo aspectos didácticos y dialógicos, sino saberlos hacer interactuar con el conocimiento científico escolar

Esta investigación pone en evidencia que, desarrollar una práctica dialógica que guíe la construcción del conocimiento, implica no solo apropiarse de una estructura didáctica como puede ser la de las prácticas POE, sino que, además, se debe hacer *sobre* un saber científico determinado, que condiciona el dominio de los aspectos didácticos y dialógicos. Esto es un reto para la formación de las maestras ya que a menudo se discute si la disciplinariedad desarrolla un rol predominante en los aspectos de didáctica general y/o viceversa.

Durante el desarrollo de las prácticas dialógicas se observó que el foco de la conversación estuvo en la construcción de las ideas del modelo a través de la experimentación y del diálogo. Así, la función de las maestras fue central en el desarrollo de las prácticas, promoviendo el uso de diferentes recursos, privilegiando ciertas preguntas o propuestas planteadas por el alumnado o devolviéndoselas. Además, proponiendo la relación entre lo observado en diferentes momentos y generando espacios en los que se recopila lo construido durante la práctica. Este resumen o bien fue aportado por las maestras, o bien guiado por una serie de

preguntas muy cerradas para poder lograrlo, sin promover la regulación del aprendizaje del alumnado.

Del análisis de los resultados, se evidencia que es necesario hacer consciente que las ideas se van conectando de un momento a otro. Así, tanto los episodios de introducción al modelo como los de predicción, deben permitir al alumnado explicitar sus ideas previas, para que las maestras logren identificar los modelos iniciales que poseen sobre el contenido objetivo de la sesión. Además, las predicciones deben ser justificadas, o bien desde los modelos iniciales, esperable en las primeras predicciones realizadas, o bien desde las ideas del modelo que hayan podido ser construidas hasta el momento. También es una manera de fomentar la cognición epistémica, es decir, hacer conscientes a los niños y niñas de cómo es su forma de pensar acerca de ese fenómeno, y las limitaciones de su explicación, promoviendo así la regulación.

Durante la fase de observación se deben visualizar aquellas particularidades del fenómeno que van a ser construidas en la fase de exploración, y que se vincularan con las entidades y propiedades del modelo, durante las explicaciones. Es decir, alcanzar descripciones completas de las distintas variables del fenómeno permitirá, confrontar los modelos personales, explicitados en instancias previas, con las observaciones realizadas y reevaluar dichos modelos. En este sentido, las docentes tienen un rol central en promover la autorregulación.

Finalmente, en la explicación, deben incluirse dos momentos importantes. En primera instancia, se deben presentar las posibles explicaciones causales del fenómeno observado, evidenciando la confrontación entre predicciones y observaciones. Pero, además, una segunda instancia más modelizadora, se deben construir las entidades y las propiedades del modelo, vinculándolas con la predicción y la observación. Es decir, se tiene que promover la traducción de aquello predicho y observado al lenguaje del modelo (no sólo a mencionar palabras científicas o las propias propiedades), y también se debe promover la interpretación y justificación del fenómeno, desde las ideas clave del modelo.

## 5.2 Limitaciones de la investigación

A continuación, se presentan algunas de las limitaciones identificadas para esta investigación.

En el desarrollo de esta tesis se preveía la recogida de datos para el periodo 2019-2020. Luego del primer bloque de la asignatura, el cambio en el contexto debido a la pandemia por COVID implicó que la toma de datos definitiva se postergara hasta el curso 2022-2023, en el que se retomaron, con normalidad, las clases de la asignatura y las actividades de evaluación como las prácticas dialógicas con niñas y niños.

A nivel metodológico puede entenderse como una limitación el número de la muestra, a pesar de la naturaleza cualitativa de esta investigación. Probablemente, incorporar un mayor número de prácticas dialógicas, incluso referidas a otros modelos, podría haber enriquecido los resultados. También, y en relación con el origen de los datos, el uso de transcripciones realizadas por las maestras (aunque completas) y cotejadas con el audio por la investigadora puede ser también una limitación metodológica. Al no poseer el registro en video de las prácticas dialógicas, probablemente se ignoraron acciones o gestos de valor para el proceso.

Como en todas las tesis, y junto con el contexto planteado, ha habido una limitación temporal que impidió el análisis de todos los datos recogidos. Así, por ejemplo, podría haberse incorporado el análisis de los recursos de preparación para la práctica dialógica, la evolución de los diagramas pre y post tutoría. Este análisis podría, haber completado y enriquecido el análisis, al permitir observar las rutas de preguntas y respuestas que pusieron las maestras inicialmente y contrastarlas con las implementadas durante la práctica, y así profundizar en el impacto que esta propuesta tiene en el diálogo que construyen durante la implementación. No obstante, estos datos pretenden ser incorporados en futuras publicaciones.

## 5.3 Implicaciones y líneas futuras

Se presentan a continuación las implicaciones de esta investigación para la formación del profesorado, así como también las posibles líneas futuras.

### 5.3.1 Implicaciones para la formación del profesorado

- Enseñar a conversar y a promover la conversación es un desafío que requiere hacerse explícito en la formación del profesorado, y sobre el que también las maestras en formación deben reflexionar. La educación dialógica implica hablar sobre el contenido, pero además promover la conversación entre pares, recuperar las intervenciones de cada participante para hacer crecer el conocimiento colectivo, establecer conexiones entre los

distintos aportes a lo largo de los distintos momentos y el contenido, formular preguntas para profundizar en las explicaciones que permitan vincular los modelos científicos.

- Es necesario enseñar a las maestras en formación a identificar e interpretar los modelos iniciales del alumnado, y hacerlas conscientes de la importancia que tiene incorporar las ideas de los niños y niñas en los distintos momentos de la sesión, para poder así hacer crecer dichos modelos iniciales. Además, y debido a las limitaciones observadas en esta investigación, enfatizar y explicitar la necesidad de promover la regulación del aprendizaje en cualquier actividad diseñada, no sólo para dar la oportunidad a los niños y niñas de verbalizar su modelo inicial, sino que también les permita identificar los posibles cambios que ocurren durante las clases.
- Reflexionar sobre el modelo científico escolar a construir y sobre los modelos intermedios en los que se sitúan las propias maestras. En relación con el modelo corpuscular de la materia, sería importante poder, desde la formación docente, hacer explícitos estos modelos transitorios para que las maestras puedan situarse y ser conscientes de que esto puede representar una limitación a considerar en el desarrollo de sus prácticas.
- Hacer conscientes de las escalas y de la importancia de moverse entre ellas, al hablar del fenómeno y del modelo, y de poderlas hacer interactuar para construir explicaciones más complejas, sigue siendo un reto en la formación inicial de maestras.
- Promover el análisis de situaciones de aula reales, para ayudar a las maestras en formación a hacer el paso entre su rol como aprendices a su rol docente, atendiendo especialmente a los aspectos didácticos, dialógicos y científicos.
- Explicitar las estrategias, recursos, conversaciones, entre otros aspectos, que ha empleado la docente formadora para promover el aprendizaje. En otras palabras, reflexionar sobre qué rol desempeña la docente formadora al utilizar cada recurso, qué tipo de preguntas se proponen, qué dinámicas de trabajo grupal presenta, entre otras. Así, explicitar el rol de la formadora de formadores, como modelo de prácticas en relación con las metodologías de trabajo empleadas en el aula, y reflexionar sobre ello. Esto podría impactar en el desarrollo de prácticas dialógicas futuras.

### 5.3.2 Líneas futuras

- Abordar la causa de la dificultad de las maestras para incorporar, propuestas de autorregulación del aprendizaje del alumnado, que contemple los distintos puntos de vista expresados a lo largo de la sesión y permita identificar las causas de los cambios en las ideas. En otras palabras, investigar sobre las dificultades que tienen las maestras para incorporar aspectos de autorregulación que permita al alumnado conectar las ideas alcanzadas en las etapas de predicción, observación y explicación, partiendo de los modelos iniciales también explicitados en la introducción al modelo, con el conocimiento científico escolar
- Analizar cómo promover, en la formación de maestras, la mediación entre el modelo y el fenómeno, y profundizar en las estrategias que les ayudarán a hacerlo con niñas y niños. Así, como se ha mencionado en apartados anteriores, es necesario indagar en las causas que dificultan que las maestras puedan explicitar la relación entre el fenómeno y el modelo, lo que permite, a su vez, construir explicaciones más complejas. Junto con ello, proveer de estrategias didácticas y dialógicas que permitan también, acompañar a los niños y niñas en este proceso.
- Incorporar en las investigaciones el papel de la formación universitaria como modelo para la futura docencia, para poder profundizar en las relaciones entre la formación y las prácticas de las maestras en formación. Esto implica, fomentar las investigaciones que permitan ver cómo las maestras aplican los conocimientos adquiridos durante la formación inicial, a sus prácticas con niños y niñas, considerando luego a posibilidad de reflexionar sobre su propia práctica.
- Profundizar en las investigaciones sobre cómo enseñar a conversar sobre ciencias en la formación de las maestras, considerando que en una conversación no solo intervienen los aspectos vinculados a la dimensión dialógica, sino que además intervienen aspectos didácticos y científicos.
- Profundizar en el origen del predominio del enfoque Autoritativo en las prácticas de las maestras en formación. Es decir, conocer si este predominio está únicamente vinculada al dominio del contenido o si además se relaciona con la importancia de variar los ritmos discursivos en las clases.



## Referencias

---

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. D. M., & Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: Significado y papel en la práctica científica- Scientific models: meaning and role in scientific practice. *Revista científica*, 3(30), 155. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Acher, A., Arcà, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, 91(3), 398-418. <https://doi.org/10.1002/sce.20196>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 248-256. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- Aguada Berteá, M. R., Pipitone Vela, C., & Marbà Tallada, A. (2021). POEMA: Complejizando las prácticas POE en la formación inicial del profesorado. En F. Cañada & P. Reis (Eds.), *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021. Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible* (pp. 609-612). Enseñanza de las ciencias.
- Aguada Berteá, M. R., Pipitone Vela, C., & Marbà Tallada, A. (2023). Aprender a formular preguntas investigables en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2). [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i2.2601](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2601)
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J. A., Tobi, H., Wals, A. E. J., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-Based Science Education Competencies of Primary School Teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.669076>
- 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>
- Alexander, R. J. (2008). *Towards Dialogic Teaching: Rethinking classroom talk* (4th Edition). Dialogos.
- 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>
- Amat, A., Martí, J., & Grau, V. (2016). *Investigamos la materia* (Fundació Catalana per la Recerca i la Innovació. Ajuntament de Barcelona. Fundació «la Caixa»). Institut Municipal d'Educació de Barcelona.  
[https://llibrespelitstalents.fundaciorecerca.cat/ptc\\_materia\\_ES.html](https://llibrespelitstalents.fundaciorecerca.cat/ptc_materia_ES.html)
- Arcá, M., Guidoni, P. & Mazzoni, P. (1990). *Enseñar ciencia*. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat
- Arnal, J., Rincón, D., & Latorre, A. (1992). *Investigación educativa: fundamentos y metodología*. Labor.
- Bakhtin M. 1981. *Discourse in the novel*. In *The Dialogic Imagination*, ed. C Emerson, M Holquist 259–492 Austin: Univ. Tex. Press
- Barker, V. (2000). *Beyond appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. London: Royal Society of Chemistry.
- Barrow, L. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>
- Benarroch, A. (1997). El rol de los aspectos perceptivos en el aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia. Dos paradigmas enfrentados. *Publicaciones*, núms. 25-26-27, pp. 67-83.
- Benarroch Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(1), 123-134.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4018>
- Bismack, A. S., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2022). Science practice-readiness: Novice elementary teachers' developing knowledge of science practices. *Science Education*, 106(2), 364-384. <https://doi.org/10.1002/sce.21698>
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability (Formerly: Journal of Personnel Evaluation in Education)*, 21(1), 5-31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>

- Blanco, A. (1995). *Estudio de las concepciones de los alumnos sobre algunos aspectos de las disoluciones y de los factores que influyen en ellas* (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Universidad de Málaga).
- Boeije, H. (2002). A Purposeful Approach to the Constant Comparative Method in the Analysis of Qualitative Interviews. *Quality and Quantity*, 36(4), 391-409. <https://doi.org/10.1023/A:1020909529486>
- Bonil, J., & Márquez, C. (2011). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias? Implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, 354, 447-472.
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1314a>
- Cañal, P., Criado, A. M., García-Carmona, A., & Muñoz, G. (2013). La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de educación infantil y primaria: Concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la escuela*, 81, 21-42.
- Chinn, A. C., Barzilai, S., & Duncan, R. G. (2021). Education for a “Post-Truth” World: New Directions for Research and Practice. *Educational Researcher*, 50(1), 6-68.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257. <https://doi.org/10.1002/tea.3660301007>
- 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>
- Clement, J. J. (2009). The Role of Imagistic Simulation in Scientific Thought Experiments. *Topics in Cognitive Science*, 1(4), 686-710. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2009.01031.x>
- Close, H. G., & Scherr, R. E. (2015). Enacting Conceptual Metaphor through Blending: Learning activities embodying the substance metaphor for energy. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 839-866. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1025307>
- Cohen, L., & Manion, L. (2002). *Métodos de investigación educativa* (2da ed.). La Muralla.

- Cooper, M. M., Underwood, S. M., Hilley, C. Z., & Klymkowsky, M. W. (2012). Development and assessment of a molecular structure and properties learning progression. *Journal of Chemical Education*, 89(11), 1351-1357.
- Couso, D. (2014). *De la moda de «aprender indagando» a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica*. [Ponencia]. XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Huelva.
- Couso, D., & Garrido-Espeja, A. (2017). Models and Modelling in Pre-service Teacher Education: Why We Need Both. En K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (Vol. 3, pp. 245-261). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_19)
- Couso, D., Herreras, L., & Olivella, J. (2013). Una propuesta de trabajo práctico para la física moderna: El uso de dispositivos analógicos sobre estructura de la materia y radioactividad. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 75, 18-27.
- Couso, D., Jimenez-Liso, R., Refojo, C., & Sacristán (Eds.). (2020). *Enseñando Ciencia con Ciencia*. Penguin Random House Grupo Editorial. [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2020/257911/ensciencie\\_a2020-53-62.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2020/257911/ensciencie_a2020-53-62.pdf)
- Crujeiras, B., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas: Aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12-19.
- Currículum 175/2022. Decret 175/2022 [XTEC - Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya]. *Decret d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica*. 27 de setembre de 2022. Generalitat de Catalunya. <https://xtec.gencat.cat/ca/curriculum/primaria>
- De la Blanca, S., Hidalgo, J., & Burgos, C. (2013). Escuela infantil y ciencia: La indagación científica para entender la realidad circundante. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 979-983.
- De Pro Bueno, A., De Pro Chereguini, C., & Cantó Doménech, J. (2022). Cinco problemas en la formación de maestros y maestras para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Continuación de la antigua Revista de Escuelas Normales*, 97(36.1). <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92510>

- Desimone, L. M., Porter, A. C., Garet, M. S., Yoon, K. S., & Birman, B. F. (2002). Effects of Professional Development on Teachers' Instruction: Results from a Three-Year Longitudinal Study. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 24(2), 81-112.
- Domènech-Casal, J. (2020). Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 1-17. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3202](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3202)
- Donati, E. D., & Andrade- Gamboa, J. J. (2004). Las propiedades de las disoluciones a través de experimentos mentales. *Educación Química*, 15(4), Article 4. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.4.66169>
- Duit, R. (1991). The role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>
- Duit, R. (2007). *Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel, Germany: IPN-Leibniz Institute for Science Education.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2109-2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72. <https://doi.org/10.1080/03057260208560187>
- 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>
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding Principles for Fostering Productive Disciplinary Engagement: Explaining an Emergent Argument in a Community of Learners Classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483. [https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2004\\_1](https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2004_1)
- Estadístiques Universitat de Barcelona*. (s. f.). Dades acadèmiques. Estadístiques. Graus. [http://www.ub.edu/dades\\_academiques/estadistiques/graus.php](http://www.ub.edu/dades_academiques/estadistiques/graus.php)
- 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.

- Fischer, H. E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. En B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 435-448). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7\\_30](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_30)
- Forni, P., & De Grande, P. (2020). Triangulación y métodos mixtos en las ciencias sociales contemporáneas. *Revista mexicana de sociología*, 82(1), 159-189. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.1.58064>
- Furman, M. (2016). *Educación mentes curiosas: La formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia*. Santillana.
- García-Carmona, A. (2021). The Use of Analogies in Science Communication: Effectiveness of an Activity in Initial Primary Science Teacher Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(8), 1543-1561. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10125-2>
- García Carrión, R., Molina Roldán, S., Grande López, L. A., & Buslón Valdez, N. (2016). Análisis de las Interacciones entre Alumnado y Diversas Personas Adultas en Actuaciones Educativas de Éxito: Hacia la Inclusión de Todos y Todas. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 10(1), 115-132. <https://doi.org/10.4067/S0718-73782016000100007>
- García, S. M., & Furman, M. G. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis & Saber*, 5(10), 75. <https://doi.org/10.19053/22160159.3023>
- García-Carmona, A., Criado, A. M., & Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9536-8>
- Garrido Espeja, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica* [Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.]. <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1319805>
- Garrido Espeja, A., Soto Alvarado, M., & Couso Lagarón, D. (2022). Formación inicial de docentes de ciencia: Posibles aportes y tensiones de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(1), Article 1. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3286>

- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. In *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 51-94). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. University of Chicago Press.
- Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 12(1), 5-14. <https://doi.org/10.1039/C1RP90003J>
- Gómez, A., & Sanmartí, N. (2006). Process of transformation of everyday language into scientific language in primary school children. *Actas Congreso ERIDOB 2006*.
- Gómez Galindo, A. A. (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(31), 11-28.
- Gómez Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, pp. 37-44.
- Gómez Zaccarelli, F., Schindler, A.-K., Borko, H., & Osborne, J. (2018). Learning from professional development: A case study of the challenges of enacting productive science discourse in the classroom. *Professional Development in Education*, 44(5), 721-737. <https://doi.org/10.1080/19415257.2017.1423368>
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencias conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía*, 7(13), Article 13. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia37.66>
- Haefner, A. L., & Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning.

*International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.  
<https://doi.org/10.1080/0950069042000230709>

Harlen, W. (2014). *Helping children's development of inquiry skills* (Vol. 1).

Hennessey, S. (1993). Situated Cognition and Cognitive Apprenticeship: Implications for Classroom Learning. *Studies in Science Education*, 22(1), 1-41.  
<https://doi.org/10.1080/03057269308560019>

Hennessey, S., Howe, C., Mercer, N., & Vrikki, M. (2020). Coding classroom dialogue: Methodological considerations for researchers. *Learning, Culture and Social Interaction*, 25, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100404>

Hennessey, S., Rojas-Drummond, S., Higham, R., Márquez, A. M., Maine, F., Ríos, R. M., García-Carrión, R., Torreblanca, O., & 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, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). McGraw-Hil.

Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.

Izquierdo, M. (Ed.). (2012). *Química en infantil y primaria. Una nueva mirada* (GRAÓ).

Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.

Izquierdo, M., & Aliberas, J. (with Adúriz-Bravo, A.). (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències: Per un ensenyament de les ciències racional i raonable* (Vol. 150). Universitat Autònoma de Barcelona.

Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.

- Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 668-690. <https://doi.org/10.1002/tea.20069>
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2012). Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. *XXV Encuentro de didáctica de las ciencias experimentales, 2012*, ISBN 9788469546734, págs. 9-14, 9-14. <https://dialnet-unirioja.es/are.uab.cat/servlet/articulo?codigo=8300789>
- Jiménez Gómez, E., Benarroch, A., & Marín, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577–598.
- Jiménez-Liso, M. R., Delgado, L., Castillo-Hernández, F. J., & Baños, I. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 5-25. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3032>
- Jiménez-Tenorio, N., Núñez, L. A., Blanco-López, Á., & Oliva, J. M. (2016). Comprensión acerca de la naturaleza de los modelos por parte de profesorado de ciencias de secundaria en formación inicial. *Campo Abierto, Revista de Educación*, 35(1), Article 1.
- Joglar, C. L., Rojas-Rojas, S. P., & Manzanilla, M. A. (2019). Formulación y Uso de las Preguntas en la Clase de Ciencias Naturales a Partir de las Creencias de los Profesores. Un Estudio en la Región Metropolitana de Santiago, Chile. *Información tecnológica*, 30(5), 341-356. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500341>
- Johnson, P., & Tymms, P. (2011). The emergence of a learning progression in middle school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 849-877.
- Johnstone, A. H. (1982) "Macro- and microchemistry" *School Science Review* vol.64 pp.377-379
- Johnstone, A. H. (1991) "Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem" *Journal of Computer Assisted Learning* vol.7, 75-83.

- Johnstone, A. H. (1993) "The development of chemistry teaching" *Journal of Chemical Education* vol.70 no.9 pp.701-705
- Jorba, J., Gómez Alemany, I., & Prat Pla, A. (2000). *Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Síntesis.
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continúa: Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. MEC.
- Kozma, R. B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7-19. <https://doi.org/10.1007/BF02299087>
- Kress, G. R. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. Routledge.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, 96(5), 927-959. <https://doi.org/10.1002/sce.21022>
- Lave, J., & Packer, M. (2011). Hacia una ontología social del aprendizaje. *Revista de Estudios Sociales*, 40, Article 40.
- Lee, H.-S., & Butler, N. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923-948. <https://doi.org/10.1080/09500690305023>
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701-724. <https://doi.org/10.1002/sce.20475>
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós.
- Lemke, J. L. (1998). Multiplying meaning. Visual and verbal semiotic in scientific text. En *Reading Science*. Routledge.
- Levin, D. M., & Richards, J. (2011). Learning to Attend to the Substance of Students' Thinking in Science. *Science Educator*, 20(2), 1-11.
- Littleton, K., & Mercer, N. (2013). *Interthinking: Putting talk to work*. Routledge.

- Luisi, P. L. (2002). Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence. *Foundations of Chemistry*, 4(3).
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (Vol. 6, pp. 95-132). Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1\\_4](https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4)
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education*, 90(2), 202-226. <https://doi.org/10.1002/sce.20100>
- Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A., & Pujol Villalonga, R. M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela*, 53, 71-81.
- Martínez Chico. (2014). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Universidad de Almería.
- Martínez-Chico, M. (2017). Prácticas científicas en la formación inicial de maestros: indagación para describir y modelizar. *Enseñanza de las Ciencias*, 6.
- Martínez Chico, M., Rut Jiménez-Liso, M., López-Gay, R., & Villegas, L. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 12(1), 149-166. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i1.10](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.10)
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., & Evagorou, M. (2020). Design of a pre-service teacher training unit to promote scientific practices. Is a chickpea a living being? *International Journal of Designs for Learning*, 11(1), 21-30. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i1.23757>
- Meheut, M. y Chomat, A. (1990). The bounds of children's atomism: an attempt to make children build up a particulate model of matter, en Linjse, P.L. Licht, P. de Vos, W. y Waarlo, A.J. (eds.). *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*, pp. 266-282. Utrech: Universidad de Utrech.

- Mellado, V., Ruiz, C., & Blanco, L. J. (1997). Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial de maestros. *Bordón*, 49(3).
- Mercer, N. (1997). *La construcción guiada del conocimiento: El habla de profesores y alumnos* (1. ed). Paidós.
- 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.
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: Ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), 359-377. <https://doi.org/10.1080/01411920410001689689>
- Mercer, N., & Littleton, K. (2007). *Dialogue and the Development of Children's Thinking. A sociocultural approach* (0 ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203946657>
- Mercer, N., Wegerif, R., & Major, L. (2019). *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education* (N. Mercer, R. Wegerif, & L. Major, Eds.; 1.<sup>a</sup> ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429441677>
- Merritt, J., & Krajcik, J. (2013). Learning Progression Developed to Support Students in Building a Particle Model of Matter. En G. Tsaparis & H. Sevan (Eds.), *Concepts of Matter in Science Education* (pp. 11-45). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_2)
- Michaels, S., & O'Connor, C. (2012). *Talk science primer*. Cambridge, MA: TERC.
- Mortimer, E.F. (2000) Microgenetic analysis and the dynamic of explanation in science classrooms. *Proceedings of the III Conference for Sociocultural Research*, <http://www.fae.unicamp.br/br2000>.
- Mortimer, E., & Scott, P. H. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306.

- Nixon, R. S., & Swain, A. D. (2024). Do College Science Courses Help Preservice Elementary Teachers Learn the Science They Need to Teach? *Journal of Science Teacher Education*, 0(0), 1-15. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2323784>
- Novick, S. y Nussbaum, J. (1981). Pupils understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65(2), pp. 187-196.
- NRC (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Board in Science Education, Centre for Education. Division of Behavioural and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- NRC (2012). *A framework for K-12 Science education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Nystrand, M., Wu, L. L., Gamoran, A., Zeiser, S., & Long, D. A. (2003). Questions in Time: Investigating the Structure and Dynamics of Unfolding Classroom Discourse. *Discourse Processes*, 35(2), 135-198. [https://doi.org/10.1207/S15326950DP3502\\_3](https://doi.org/10.1207/S15326950DP3502_3)
- Occelli, M., & Garcia Romano, L. (2018). Las Simulaciones en la Enseñanza de la Biología. *Docentes Conectados*, 1(1), Article 1.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. McGraw-Hill Education (UK).
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Oliva, J. M. (2021). Líneas y resultados de investigación en torno a la dimensión instrumental de la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(2), 01-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7629>
- 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>
- Osborne, J. (2023). Science, scientific literacy, and science education. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education: Volume III* (pp. 785-816). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>

- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S.-Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(6), 821-846. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Padilla-Carmona, M. T. (2002). *Técnicas e instrumentos para el diagnóstico y la evaluación educativa*. Editorial CCS. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=153291>
- Papageorgiou, G., Stamovlasis, D., & Johnson, P. M. (2010). Primary Teachers' Particle Ideas and Explanations of Physical Phenomena: Effect of an in-service training course. *International Journal of Science Education*, *32*(5), 629-652. <https://doi.org/10.1080/09500690902738016>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pérez, G., Gómez Galindo, A. A., & González Galli, L. M. (2023). Multimodalidad y regulación metacognitiva en el aprendizaje de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *41*(1), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5641>
- Pipitone, C. (2012). *Visión del profesorado sobre la implementación de una nueva asignatura: Ciencias para el Mundo Contemporáneo*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Pipitone, C., Agudelo, C., & García, À. (2017). Construcción del modelo corpuscular de la materia y actividades dialógicas en formación inicial de maestros. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, *8*.
- Pipitone, C., García, À., Guitart, J., Caminal de Mingo, A., Marchán, I., Agudelo, C., & Martín, E. (2016). Actividades dialógicas de ciencias en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Campo Abierto*, *35*(1), 16.

- Pipitone, C., Sardà, A., & Sanmartí, N. (2008). Aprendiendo a argumentar en clase de ciencias. En *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universitat Autònoma de Barcelona [.
- Pipitone Vela, M. C. (2020). *Programa de l'assignatura didàctica de física i la química* [Projecte Docent Didàctica de la Física i la Química].
- Posada, J.M. (1995). *Contenidos, actividades o estrategias de enseñanza de la química en la formación científica de ciudadanos*. Encuentro Nacional de Profesores de Matemática, Física, Química y Biología. La Falta (Córdoba). Argentina.
- Pozo, J.I., & Gómez Crespo, M.A. (2005). The embodied nature of implicit theories: The consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23(3), 351–387.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. Y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Síntesis.
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415-421. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30129-5)
- Roca, M. (2005). Les preguntes a les classes de ciències. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 2, 31. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.333>
- Rojas-Drummond, S., Mazón, N., Fernández, M., & Wegerif, R. (2006). Explicit reasoning, creativity and co-construction in primary school children's collaborative activities. *Thinking Skills and Creativity*, 1(2), 84-94. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2006.06.001>
- Rojas-Drummond, S., & Mercer, N. (2003). Scaffolding the development of effective collaboration and learning. *International Journal of Educational Research*, 39(1-2), 99-111. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(03\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(03)00075-2)
- 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>

- Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2006). Informal Formative Assessment and Scientific Inquiry: Exploring Teachers' Practices and Student Learning. *Educational Assessment, 11*(3-4), 237-263. <https://doi.org/10.1080/10627197.2006.9652991>
- 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*, 57-84. <https://doi.org/10.1002/tea.20163>
- Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education, 92*(3), 499-525. <https://doi.org/10.1002/sce.20264>
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and Epistemic Aspects of Students' Scientific Explanations. *The Journal of the Learning Sciences, 12*(1), 5-51.
- Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela, 32*, Article 32. <https://doi.org/10.12795/IE.1997.i32.05>
- Sanmartí Puig, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En T. Á. Angulo (Ed.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Editorial Síntesis.
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching: Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework. *Science Education, 91*(1), 158-186. <https://doi.org/10.1002/sce.20177>
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & 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. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high

- school science lessons. *Science Education*, 90(4), 605-631.  
<https://doi.org/10.1002/sce.20131>
- Scott, P., Mortimer, E., & Ametller, J. (2011). Pedagogical link-making: A fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), 3-36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.549619>
- Seel, N. M. (2017). Model-based learning: A synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development*, 65(4), 931-966. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9>
- Shanahan, C., Shanahan, T., & Mischia, C. (2011). Analysis of Expert Readers in Three Disciplines: History, Mathematics, and Chemistry. *Journal of Literacy Research*, 43(4), 393-429. <https://doi.org/10.1177/1086296X11424071>
- Shanahan, T., & Shanahan, C. (2008). Teaching Disciplinary Literacy to Adolescents: Rethinking Content-Area Literacy. *Harvard Educational Review*, 78(1), 40-59. <https://doi.org/10.17763/haer.78.1.v62444321p602101>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Simarro Rodríguez, C., Couso Lagarón, D., & Pintó Casulleras, R. (2013). Indagació basada en la modelització: Un marc per al treball pràctic. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 25, 35. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.92>
- Sinclair, J., & Coulthard, M. (1975). *Towards an analysis of discourse: The English used by teachers and pupils*. Oxford University Press.  
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282270757155328>
- Sjöström, J., Eilks, I., & Talanquer, V. (2020). Didaktik Models in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 910-915. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01034>
- Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S., & Hughes, E. K. (2015). Orchestrating Productive Mathematical Discussions: Helping Teachers Learn to Better Incorporate Student Thinking. En L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan, & S. N. Clarke (Eds.), *Socializing Intelligence Through*

- Academic Talk and Dialogue* (pp. 375-388). American Educational Research Association.  
[https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1\\_29](https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1_29)
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2010). Developing a hypothetical multi-dimensional learning progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687-715.
- Talanquer, V. (2004). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 52-58.  
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- Talanquer, V. (2009). On Cognitive Constraints and Learning Progressions: The case of “structure of matter”. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136.  
<https://doi.org/10.1080/09500690802578025>
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.  
<https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Talanquer, V. (2014). El rol de las suposiciones implícitas y estrategias heurísticas en el razonamiento de los estudiantes de química. En C. Merino Rubilar, M. Arellano, & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Avances en didáctica de la química: Modelos y lenguajes*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Talanquer, V. (2018). Progressions in reasoning about structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 998-1009.  
<https://doi.org/10.1039/C7RP00187H>
- Talanquer, V. (2020). La progresión de los aprendizajes sobre la composición, estructura y transformación química de la materia. *Educació Química. EduQ*, 27, 4-11.  
<https://doi.org/10.2436/20.2003.02.200>
- Tekumru-Kisa, M., Coker, R., & Atabas, S. (2022). Learning to teach for promoting student thinking in science classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 120, 103869.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103869>
- Tesch, R. (2013). *Qualitative Research: Analysis Types and Software*. Routledge.

- Thagard, P. (1990). The Conceptual Structure of the Chemical Revolution. *Philosophy of Science*, 57(2), 183-209. <https://doi.org/10.1086/289543>
- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229-245. <https://doi.org/10.1039/C6RP00008H>
- van der Veen, C., de Mey, L., van Kruistum, C., & van Oers, B. (2017). The effect of productive classroom talk and metacommunication on young children's oral communicative competence and subject matter knowledge: An intervention study in early childhood education. *Learning and Instruction*, 48, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.06.001>
- Vasilachis de Gialdino, I. (Ed.). (2006). *Estrategias de investigación cualitativa* (1. ed). Gedisa Ed.
- Verdú, R. (2004). La estructura problematizada de los temas y cursos de Física y Química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje (Doctoral dissertation, Universitat de València, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales).
- Vergara Sandoval, C. (2022). *Análisis del discurso docente en actividades de modelización sobre fuerzas y movimiento*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- White, R. T. (1988). *Learning science* (pp. xii, 227). Basil Blackwell.
- 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>
- 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/sce.20259>
- Wiser, M., & Smith, C. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 205–239). New York: Routledge.





ciencia escolar  
predicción OBSERVACIÓN  
HABLAR PARTICULAS  
MODELOS **DIALOGO**  
*pensar*  
HACER  
formación docente  
MAESTRAS **materia**

experimental