



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

Facultad de Educación

**LA CO-CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO EN UN AULA DE QUÍMICA EN
EDUCACIÓN SUPERIOR: EL PAPEL DE LA DUPLA DEVOLUCIÓN- REGULACIÓN**

Trabajo presentado para optar al título de Doctora en Educación

ADRIANA MARÍA SOTO ZULUAGA

Asesores

FANNY ANGULO DELGADO

CARLOS SOTO LOMBANA

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA
DOCTORADO EN EDUCACIÓN
MEDELLÍN
2016**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Antioquia, y al Instituto Tecnológico Metropolitano por brindarme las condiciones necesarias para realizar este proceso formativo.

A la Profesora Fanny Angulo Delgado y al Profesor Carlos Soto Lombana, por su acompañamiento, confianza, voluntad, disponibilidad humana y académica.

A la profesora Flor María por hacer posible esta investigación y a los estudiantes de los programas de Química y Tecnología Química, por su disposición para aprender y facilitar el desarrollo de este estudio.

A todos mis amigos y colegas por su presencia, confianza y por ser quienes han acompañado mi desarrollo personal y profesional.

Al doctor René Rickenmann por hacer posible la pasantía y por sus valiosos aportes para esta investigación.

Al profesor Francisco Márquez por recibirme en su casa durante la pasantía y por sus valiosas enseñanzas.

Al Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas (GECM), por apoyarme con recursos durante el doctorado.

Al comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia por el apoyo económico brindado mediante la Convocatoria de Proyectos de Investigación de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes 2012.

Finalmente doy gracias a mi familia por su presencia, amor e incondicionalidad y por ser el mejor regalo de vida.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.1 La teoría de situaciones didácticas TSD.....	25
2.2 Categorías de acciones de aprendizaje.....	27
2.3 Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC).....	29
2.4 Las transacciones didácticas	29
2.5 El contrato didáctico.....	30
2.6 El juego didáctico	31
2.7 La acción docente.....	32
2.8 Zona de desarrollo potencial y andamiaje	33
2.9 La dupla devolución-regulación	36
2.10 Los procesos didácticos.....	37
2.11 Teoría de la Transposición Didáctica	40
2.12 El estudio de las interacciones y el discurso en el aula.....	41
2.12.1 Perspectivas para analizar la práctica educativa.....	42
2.12.2 Las ideas alternativas de los alumnos.....	45
2.12.3 La construcción conjunta de significados	46
2.12.4 Hablar el lenguaje de la ciencia en el aula	48
2.12.5 Mecanismos y estrategias para guiar la construcción de conocimiento.....	55
2.12.6 El discurso docente para convencer y validar el conocimiento.....	57
2.12.7 Estrategias discursivas y mecanismos semióticos para la validación del conocimiento y la creación de la intersubjetividad en el aula.....	59
CAPÍTULO III. ASPECTOS METODOLÓGICOS	62
3.1 Paradigma de investigación y enfoque	62

3.2. Clínica Didáctica, historia y características	63
3.3. Participantes y contexto.....	66
3.3.1 Perfil de la profesora	68
3.4. Los métodos de la clínica didáctica.....	73
3.4.1 Dispositivo técnico: videoscopia y audioscopia	74
3.4.2 Sinopsis	75
3.5. Las entrevistas	80
3.5.1 La auto-confrontación	82
3.6. Los resultados obtenidos del análisis de las clases	83
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	85
4.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS RELATIVOS A LA DESCRIPCIÓN DE LAS SESIONES .85	
4.1.1 Descripción general de la unidad temática y la unidad de análisis	85
4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS RELATIVOS AL DESARROLLO DE UNIDAD TEMÁTICA: VISIÓN GENERAL.....	254
4.2.1 Descripción general del desarrollo de la unidad temática	254
4.2.2 Estrategias de regulación y andamiaje en esta aula	254
4.2.3. Rol asumido por los estudiantes en esta aula	258
4.2.4. Tipos de actividades y acciones de aprendizaje de los estudiantes	260
4.2.5 La dupla devolución regulación y la co-construcción de conocimiento en el aula .	266
4.2.6 Enriquecimiento topogenético de los estudiantes en esta aula	268
4.2.7. Fenómenos didácticos observados en el trabajo realizado en esta aula	277
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	282
5.2 Conclusiones relativas a la construcción de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes.....	283
5.2.1 Acerca de la planificación y puesta en marcha de la unidad temática	283
5.2.2 Avances a nivel mesogenético, cronogenético y topogenético en esta aula	284
5.3 Conclusiones relativas al enriquecimiento topogenético del estudiante en esta aula.....	286
5.3.1 El rol de la profesora	288
5.4 Conclusiones relativas al potencial y las limitaciones de una clase que promueva la co- construcción discursiva.....	289
5.4.1 La dupla devolución regulación y las transacciones didácticas en esta aula	289
5.4.2 El andamiaje realizado en esta aula	291
5.4.2 Las limitaciones del trabajo en esta aula	294

5.5.1 La participación de los estudiantes	296
5.5.2 La argumentación en el aula	297
5.5.3 Co-construcción de conocimiento en el aula.....	298
5.5.4 La negociación de significados en esta aula	300
5.5.5 Las representaciones, modelos, simulaciones y analogías	301
5.5.6 El lenguaje en la ciencia	301
5.5.7 Las aproximaciones conceptuales y las ideas alternativas de los estudiantes	302
5.6 Limitaciones, aportes, implicaciones educativas y perspectivas futuras de esta investigación	304
5.6.1 Limitaciones	304
5.6.2 Aportes	305
5.6.3 Implicaciones educativas	305
5.6.4 Perspectivas futuras.....	307
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	309
ANEXOS.....	325

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado	325
Anexo 2. Acuerdo Superior 342 del 30 de octubre de 2007.....	326
Anexo 3. Transcripción de las entrevistas a la profesora	329
Anexo 4. Notaciones Para La Transcripción.....	338
Anexo 5. Ponencias, Artículos y Escritos derivados del Proyecto de doctorado	339
Anexo 6. Microcurrículo Curso Estructura Y Enlace Químico.....	340
Anexo 7. Tareas de los estudiantes.....	344
Anexo 8. Transcripciones de los episodios de la sesión 2 con sus respectivos análisis	352
Anexo 9. Transcripción y análisis de los episodios relevantes de la sesión 3	387
Anexo 10. Transcripción de los episodios relevantes de la sesión 4.....	393
Anexo 11. Transcripción y análisis de los episodios relevantes de la sesión 5.....	404

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Mecanismos y dispositivos para la creación de la intersubjetividad y la validación del conocimiento.	60
Tabla 2. Principales actividades de la sesión 3 de clase analizada.	75
Tabla 3. Ejemplo de sinopsis de la sesión 1.	78
Tabla 4. Indicadores mesogenéticos, topogenéticos y cronogenéticos usados en el análisis.	79
Tabla 5. Características de las sesiones de clase analizadas.	87
Tabla 6. Estructuras interactivas identificadas en el aula.	91
Tabla 7. Principales actividades de la clase (sesión 1).....	94
Tabla 8. Sinopsis de la primera fase de la clase.....	99
Tabla 9. Sinopsis de la segunda fase de la clase.	121
Tabla 10. Conocimientos en juego, juegos de aprendizaje, roles asumidos por los actores, enunciados construidos y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesión 1139	
Tabla 11. Principales actividades de la clase (sesión 2).....	146
Tabla 12. Sinopsis de la primera fase de la clase.	151
Tabla 13. Sinopsis de la segunda fase de la clase.....	157
Tabla 14. Saber en juego, juegos de aprendizaje, ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesión 1..	163
Tabla 15. Principales actividades de la clase (sesión 3).....	170
Tabla 16. Sinopsis de primera fase de la clase.....	173
Tabla 17. Sinopsis de la segunda fase de la clase.....	177
Tabla 18. Conocimientos en juego, juegos de aprendizaje, enunciados construidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesión 3.	216
Tabla 19. Principales actividades de la clase (sesión 4).....	224
Tabla 20. Sinopsis de la primera fase de la clase.....	227
Tabla 21. Sinopsis de la sesión 5.....	237
Tabla 22. Conocimientos en juego, los juegos de aprendizaje, enunciados construidos y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesiones 4 y 5.	249
Tabla 23. Resumen de las estrategias de regulación y de andamiaje en esta aula.....	258
Tabla 24. Rol asumido por los estudiantes en esta aula.	260
Tabla 25. Acciones de aprendizaje de los estudiantes, fase de andamiaje y recursos.	261
Tabla 26. Ideas que apuntan al andamiaje hacia la disposición profesional, intelectual en el aula.	265
Tabla 27. Ejemplos de enriquecimiento topogenético de los estudiantes.....	276

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Triada profesor, estudiante, saber.....	26
Figura 2. Articulación entre los roles de experto y novato en el aula.....	28
Figura 3. Categorías de acciones didácticas: definición, devolución, regulación e institucionalización.....	33
Figura 4. Procesos didácticos, topo, meso y cronogénesis. (Engranaje).....	39
Figura 6. Síntesis del proceso metodológico de la tesis. Elaboración propia.....	66
Figura 7. Modelo descriptivo de los sistemas didácticos del proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula.....	88
Figura 8. Diagrama estructura de la clase.....	90
Figura 9. Esquema general del desarrollo de la sesión 1 de clase.....	94
Figura 10. Modelo Actual del átomo (mecánico-cuántico) y Modelo Planetario del átomo.....	94
Figura 11. Sistema de descripción de las transacciones didácticas.....	136
Figura 12. Esquema general del desarrollo de la sesión 2 de clase.....	148
Figura 13. Esquema general del desarrollo de la tercera sesión de clase.....	170
Figura 14. Esquema general del desarrollo de la cuarta y quinta sesión de clase.....	223
Figura 15. Esquema general del desarrollo de las sesiones de clase.....	263
Figura 16. Contenido construido y movilizado en los juegos de aprendizaje.....	268
Figura 17. El sistema de descripción de las transacciones didácticas.....	290
Figura 18. Modelo atómico de Bohr y modelo mecánico-cuántico del átomo.....	372

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

INTRODUCCIÓN

Antes de abordar esta investigación, comenzaré comentando que una de las circunstancias responsables de que me viera implicada en la realización de un estudio de esta naturaleza, está estrechamente vinculada con mi condición de profesora de química a nivel universitario y a mi interés por mejorar la enseñanza que reciben los estudiantes de este nivel educativo. La enseñanza de las ciencias no consigue los resultados esperados, es un común en los análisis que se realizan periódicamente y en el decir de los profesionales de la docencia, además es frecuente en las aulas la escasa participación de los estudiantes, que no permite evidenciar una activa apropiación del conocimiento. En nuestro medio, las clases de química se imparten en su gran mayoría desde un formato tradicional y en algunas ocasiones cuando el profesor pregunta, encuentra poca respuesta de los estudiantes. Teniendo en cuenta que educar significa comunicarse, intercambiar y compartir, vemos la importancia de que en la enseñanza universitaria, al igual que se ha puesto ampliamente de manifiesto para otros niveles educativos, ha de estar centrada en torno a los estudiantes, en estructuras interactivas que potencien su protagonismo, y en promover la conversación entre estudiantes y profesorado que se traduce en transacciones de enseñanza-aprendizaje.

La revisión de la literatura, mostró que durante la última década diversos equipos de investigación en didáctica de las ciencias se han interesado por el sistema de comunicación en las clases y por el discurso en el aula. Pero son pocos los estudios realizados a nivel de educación superior y en especial sobre el área de química. Es por ello que surgió el interés de realizar un estudio que diera cuenta de prácticas docentes, que evidenciaran un trabajo comunicativo interactivo entre profesor-estudiantes, en especial aquellas que se producen en las aulas universitarias.

Se eligió la investigación cualitativa-interpretativa con énfasis en estudios de caso, como posibilidad para generar información descriptiva. Este enfoque permite indagar, profundizar y describir a partir de una práctica de aula, los intercambios comunicativos entre profesor y estudiantes. El dispositivo metodológico empleado fue la Clínica Didáctica, que han venido desarrollando los grupos de Semiótica – Educación – Desarrollo (SED – Universidad de Ginebra) y GECM de la Universidad de Antioquia, basada en métodos que se

complementan entre sí para obtener “un cuadro clínico” de las situaciones reales de enseñanza y aprendizaje. La unidad básica de observación es la evolución de las relaciones al interior de la terna docente – medio didáctico – alumno/s a lo largo de una unidad temática.

Se contó con la participación voluntaria de 10 docentes del área de química y afines de tres universidades de la región, de los cuales se seleccionó un caso. Se eligió a una profesora por la forma en que planea y dicta sus clases, primando en ellas intercambios discursivos con los estudiantes. Las clases de la profesora se grabaron por tres semestres consecutivos, de estas clases se seleccionó el tema estructura atómica, teniendo en cuenta la riqueza de los datos, en cuanto a las acciones de devolución regulación entre profesora y estudiantes en las sesiones grabadas. La recolección de la información estudiada se realizó durante el semestre del 2014-I, utilizando dos entrevistas semiestructuradas y dos entrevistas de auto-confrontación. Toda la información se transcribió y se analizó siguiendo las características del enfoque cualitativo.

Desde el inicio de la indagación se utilizó como referente teórico la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD), propuesta por Brousseau (1990, 1991, 2007) y la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC), propuesta por Sensevy y Mercier (2007). Estas teorías consideran los sistemas didácticos compuestos de tres polos en continua interacción: el profesor, el alumno y el saber. En este proceso la acción didáctica es considerada como una actividad conjunta y como un proceso comunicativo en el que se da un diálogo entre profesor y estudiantes. Esta acción didáctica se puede empezar a especificar como acción dialógica y al mismo tiempo las interacciones didácticas se pueden contemplar como transacciones¹; esto significa que cada uno de los interlocutores en el diálogo trae a la situación unos sentidos y

¹ Sensevy, (2007) hace uso del término transacción apoyado en la manera en que Vernant (1997, 2004) caracteriza el diálogo: “Asimilamos el diálogo en sus dos dimensiones interaccional y transaccional... Es en primer lugar una interacción lingüística que, desplegándose en un desarrollo imprevisible, resultado de una cooperación conjunta entre por lo menos dos interlocutores que interactúan movilizándolo modelos proyectivos de diálogos... De carácter heterónimo, es tributaria de finalidades transaccionales, intersubjetivas e “intramundanas”. Generalmente, no se habla por hablar, sino para actuar sobre el mundo que construimos con la colaboración del otro o en enfrentamiento con él. La transacción intersubjetiva es ese movimiento por el cual los interlocutores se reconocen mutuamente como co-emisores en sus dimensiones psicológica, social, ideológica, etc. La transacción “intramundana” es un cuestionamiento de la relación de los co-agentes con el problema que encuentran en una situación que comparten (Vernant, 2004, p. 88).

unas intenciones que entran en interacción con él o los otros y, mediante el reconocimiento mutuo y el intercambio de sentidos, se va construyendo un saber compartido.

El objeto de estudio se centró entonces en las interacciones didácticas y la construcción conjunta de significados entre profesor y estudiantes en el aula de química, específicamente en cinco clases del tema estructura atómica. De este modo se enfoca la atención en los modos de actuar ante ciertas tareas problemáticas o rutinarias y en los discursos que describen, regulan y justifican el trabajo en esta aula.

Dentro del marco de la TADC, los estudios sobre la acción docente han permitido identificar los conceptos que permiten describir cuatro categorías de funciones de la labor del profesor en la clase: *definición*, *devolución*, *regulación e institucionalización* (Mercier & Schubauer-Leoni, 2000). Estas categorías permiten al profesor establecer las reglas del juego al iniciar una sesión de clase, o redefinirlas, si es el caso. En la *definición* de la actividad, el profesor propone algo para hacer y establece las reglas para realizarlo. Esto supone que el profesor realice una *devolución* transfiriendo la responsabilidad del desarrollo de la actividad a los estudiantes. Una vez lograda esta devolución el profesor asumirá funciones de *regulación*, es decir, supervisión de la tarea, a fin de la producción de estrategias que permitan a los estudiantes alcanzar los objetivos propuestos. Finalmente se da la *institucionalización* del conocimiento en la que el profesor valida y socializa los logros alcanzados por los estudiantes por medio de la actividad (Sensevy, 2007b).

Tradicionalmente los profesores centran su práctica pedagógica y didáctica en las acciones de definición e institucionalización, concediendo poca relevancia a las intervenciones de los estudiantes en las clases, es por ello que desde esta tesis se plantea como mecanismo de intercambio entre el profesor y los estudiantes, el incremento de las acciones de devolución y la consecuente regulación de las actividades del aula por parte del profesor. Estas acciones docentes constituyen una poderosa herramienta para repensar el trabajo del profesor en la medida en que ayuda a comprender más claramente la existencia y manejo de la noción de *andamiaje* propuesta por Bruner (1987), que implica procesos de interacción mediados por la acción del profesor, que le permiten planear y de cierta manera, guiar las actividades en función del aprendizaje de los estudiantes.

Otro aspecto considerado en este trabajo es el planteado por Sensevy (2007), en el que se estudian tres tipos de procesos didácticos directamente ligados a la acción conjunta, los cuales ayudan a describir el estado de un sistema didáctico en un momento dado, estos procesos son: la *mesogénesis*, la cual está relacionada con la evolución del medio didáctico (contenidos) a lo largo de la clase, la *topogénesis*, caracterizada por los roles que los agentes profesora y estudiantes adoptan durante la tarea didáctica, y la *cronogénesis*, que implica los tiempos en términos de contenidos co-construidos.

Es así como las cuatro acciones docentes (definición, devolución, regulación e institucionalización) y los tres procesos didácticos (mesogénesis, topogénesis y cronogénesis) son categorías de análisis tenidas en cuenta en esta tesis, y se convierten en conjunto en la estructura conceptual y metodológica de esta investigación.

De acuerdo con lo anterior, se plantearon los objetivos de este trabajo los cuales se enfocan en explorar el potencial y las limitaciones que tiene la acción docente centrada en intercambios dialógicos, en particular aquellos que favorecen *movimientos topogenéticos* de los estudiantes. También se analizaron los procesos de interacción desde la perspectiva de la dupla *devolución-regulación*, que se dan en las aulas entre profesores y estudiantes atendiendo a los roles que estos juegan en la construcción conjunta de significados en clases de ciencias en educación superior.

Hablar de los hallazgos y resultados implica mencionar los procesos didácticos que complementan y dan sentido a lo observado en esta aula. Inicialmente se puede decir que desde el punto de vista *mesogenético*, las modificaciones y transformaciones de los diferentes tipos de medios relacionados con el tema y con el proyecto didáctico del aula, fueron evolucionando a lo largo de las sesiones de clase analizadas. De esta manera los estudiantes han articulado las dimensiones de las actividades hacia un funcionamiento cada vez más cercano a la práctica de referencia (entender cualitativamente los fundamentos del modelo mecánico-cuántico del átomo, a partir de un sistema común de significados). Pero también se evidencia que en algunos contenidos, los estudiantes presentan dificultades para adaptarse al medio, debido en gran medida a sus concepciones previas, anteponiéndose como obstáculo para el nuevo aprendizaje.

Desde el punto de vista *topogenético*, esta propuesta describe la distancia de los estudiantes con el saber a lo largo de las sesiones de clases estudiadas. Se observa que al principio, el topos de los estudiantes se define como “lejano” ya que se están familiarizando con ciertos aspectos del tema, y conocen algunos elementos pero no articulados todavía a un “texto del saber”. Pero en las tres últimas sesiones de clase analizadas, los aportes de los estudiantes tienen una carga teórica mayor, en cuanto a uso del lenguaje y las comprensiones que hacen de los saberes científicos. En ciertos momentos los estudiantes dan sus opiniones provocados por el cuestionamiento permanente de la profesora, pero en ocasiones participan con sus propios puntos de vista y formulan preguntas relacionadas con el tema y el área en general que evidencian apropiación y dominio de conocimientos, alcanzando cierta experticia y simetría en sus diálogos con la profesora, favoreciendo así la construcción y negociación de significados en esta aula. La articulación de los dos procesos anteriores confluye en avances en la clase que se manifiestan en el tiempo didáctico, es decir a nivel *cronogenético*, poniéndose esto de relieve en el momento en que los estudiantes integran los contenidos a través de un uso más cercano a la práctica de referencia.

Con lo anterior confirmamos que un medio que se construye empoderando al estudiante en la perspectiva de que este asuma su propia fisionomía topogenética; ya no es la profesora la que hace la pregunta sino que es el estudiante quién asume el liderazgo. Esto se convierte en una oportunidad que se traduce en avances mesogenéticos y cronogenéticos ya que se inunda el aula de nuevas relaciones, símbolos, dinámicas que pueden ser desencadenante de procesos de aprendizaje en el aula. Este escenario evidencia que el estudiante toma conciencia de que él puede asumir un rol más activo en su proceso de aprendizaje que un simple espectador.

En este mismo hilo, el profesor tiene un rol clave a lo largo del semestre ya que debe generar ambientes que permitan que el estudiante entre en la dinámica de la acción conjunta. En esta forma de encaminar la clase se crean contextos para lograr que el estudiante pregunte, exprese sus ideas, en algunos casos se reta, se incita a los estudiantes a que duden, de pronto parece que la profesora los regañara. Pero los estudiantes a lo largo del semestre se adaptan al modo de trabajo y lo ven como una regla de juego que hace parte del contrato. Es así como la creación de ese contexto es parte de cómo tiene lugar la dupla devolución regulación en esta aula, en donde el esfuerzo de la profesora se centra en que el lenguaje de los estudiantes

contenido en las preguntas, las ideas, las explicaciones, corresponda a la lógica formal de la descripción científica de fenómenos.

Se espera que los diferentes elementos que se presentan en este informe logren determinar cambios que se puedan generar en las prácticas educativas, para mejorar los proyectos de educación superior, aportando un análisis de la eficacia de determinadas estrategias de trabajo en el aula. Es por ello que sería conveniente seguir investigando en esta línea y profundizar tanto en las formas en que se organiza la actividad conjunta en las aulas universitarias, como en los recursos que usan los participantes en el proceso de construcción de significados compartidos. Estos estudios también son una vía idónea para que los profesores se vean reflejados, y puedan distinguir aquellos aspectos de su práctica que son más adecuados para propiciar cierto tipo de reflexión y construcción del conocimiento en los estudiantes.

Finalmente, creemos que seguir avanzando en esta línea de investigación también aportaría nuevos elementos teórico- prácticos para el análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel de la TSD, TADC, así como para un marco teórico de los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel superior. Por otro lado, se hace necesario un marco conceptual dentro del cual explicar y definir algunos de los aspectos claves que hemos venido desarrollando en torno al proceso de enseñanza aprendizaje y adaptarlos a las aulas universitarias dado que, frecuentemente, conceptos como andamiaje, las concepciones previas, co-construcción y negociación conjunta de significados, lenguaje y modos de discurso de la ciencia, han sido estudiados su mayoría a nivel de básica primaria y secundaria.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aprender ciencias va más allá de la enunciación de términos y conceptos, modelos científicos y leyes, principios e hipótesis; incluye participar en prácticas científicas apropiándose de ellas. De acuerdo a Ortiz (2009) ésta apropiación del conocimiento por parte del estudiante se logra en un proceso activo, mediante las interacciones con el profesor y el resto de los estudiantes, es decir, en un actuar en interacción y comunicación con los otros. En este proceso se produce adquisición de procedimientos que conforman habilidades que implican actividades colectivas de: explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, observar, recoger, organizar información, generar argumentos que posibiliten explicar dichos acontecimientos a la luz de las teorías científicas etc. Pero a pesar de que las políticas públicas en educación hacen explícita la necesidad de adelantar procesos formativos que potencien estas habilidades, la realidad refleja la dificultad de los estudiantes para apropiarse de los conocimientos e implicarse en acciones discursivas en donde expresen sus ideas.

Al respecto encontramos varias investigaciones que señalan que los docentes de ciencias se quejan frecuentemente de las dificultades que presentan los estudiantes para comunicar sus ideas de forma oral y escrita sobre un tema determinado (Newton, 1999; Sadler, 2006). Pero además se observa que en estas clases no se dan espacios para fortalecer y potenciar estas habilidades. De acuerdo a Cinto y Rosseto (2007), Duschl y Osborne (2002), en las aulas el discurso está ampliamente dominado por monólogos de parte de los profesores, con poca oportunidad para que los estudiantes se involucren en interacciones dialógicas² con el docente y sus pares. Según Elsa (2006), nuestro sistema educativo se ha caracterizado por ser un sistema estático, pasivo, memorístico, en donde el alumno escucha y el docente habla con poca posibilidad de desarrollar la capacidad expresiva, analítica y reflexiva de los estudiantes.

² La interacción dialógica es una conversación entre varios participantes, quienes intervienen en ella para modificar una situación con metas o propósitos definidos (conscientes o inconscientes) usando para ello un lenguaje entendido como discurso (Franklin, 1997). Según Bronckart, (2008), el discurso está muy connotado con lo social y, sobre todo, con lo ideológico.

Los estudios mencionados anteriormente se han realizado en su gran mayoría a nivel de educación básica secundaria; a nivel superior, son pocos los trabajos en los que el interés se haya centrado en el análisis de las prácticas pedagógicas que circulan en las aulas universitarias. Pérez y Rodríguez (2013), quienes realizaron un estudio en 17 universidades de diferentes regiones del país sobre caracterizar las prácticas de lectura y escritura dominantes en la universidad colombiana, reportaron que las investigaciones realizadas desde el campo de la pedagogía y la didáctica a nivel universitario son muy escasas. En otros estudios realizados a nivel internacional en países como España se concluye que en la enseñanza universitaria, la explicación y el monólogo es uno de los discursos más utilizados (Marcelo, 2001; Rosales, 2001).

Durante la última década, diversos equipos de investigación en didáctica de las ciencias se han interesado por el sistema de comunicación en las clases y por el discurso en el aula. Los estudios realizados en esta temática se centran en las conversaciones y los diálogos entre profesores y estudiantes que circulan durante las clases de ciencias, como material de investigación para comprender, tanto los modelos de comunicación, como los lenguajes que se desarrollan en el aula. Dentro de los investigadores que se reseñan en la literatura en el campo del discurso y la dialógica se encuentran: Candela (1999, 2006, 2013), Coll y Sánchez (2008), Cubero et al. (2008), De Longhi et al. (2012), Edwards (1990b), Mercer (1996, 2001), Prados y Cubero (2016), Puig y Jiménez-Aleixandre (2010), entre otros.

Según Cazden (1988) la expresión oral es decisiva, entre otras razones, porque la enseñanza y el aprendizaje proceden, en gran medida, a través del lenguaje hablado. De acuerdo a esta misma autora, la clase constituye en sí una unidad del discurso oral, en donde el discurso es el sistema de comunicación implantado por el profesor. Este proceso es de particular importancia, ya que como también lo expresan Edwards y Mercer (1988, p. 144) "... es dentro del discurso maestro-alumno, en el cual se desarrolla la lección, donde se modelan, interpretan, destacan, limitan, reinterpretan, etc., todas las comprensiones que se crean".

En clase se comunica porque se pone un mensaje a consideración de otros, se pregunta, se intercambian significados, se presentan argumentos, se busca consenso, etc. Es por ello que el tema de la comunicación, debe estar presente en las actividades docentes desde una perspectiva didáctica. Razón por la cual, actualmente se tiene claro que es importante incluir

esta problemática en el aula a lo largo de la práctica educativa y de los procesos de formación del profesorado, haciéndola parte del diseño, desarrollo y evaluación de la tarea docente (De Longhi et al., 2012).

Rodríguez (2000) afirma que educar es comunicar, y destaca que todo el sistema educativo es básicamente un proceso comunicativo relacionado con cómo establecer entre el profesor y el estudiante una interacción, para construir un terreno común de significados. Para Sensevy (2007) el hecho de que la enseñanza sea una actividad conjunta permite ubicar la acción didáctica³ como un proceso comunicativo y, como tal, un evento cooperativo en donde el intercambio de mensajes entre el profesor y sus estudiantes se considera una transacción. Estas transacciones están dadas por la aceptación de los roles implícitos que pueden ser tanto comunicativos como de carácter jerárquico, que posee cada parte implicada en el proceso de aprendizaje (Castañeda, 2010). De acuerdo a De Longhi et al. (2012) en estas transacciones el rol del profesor debe cambiar pasando de ser un agente que informa a proponer una interacción comunicativa, que tiene como meta desarrollar situaciones didácticas, que promueven una construcción de significados compartidos entre todos los participantes de la clase. También debemos comprender que los conocimientos involucrados en los mensajes escolares se producen en un momento histórico-cultural determinado. El docente los trae al aula y re-contextualiza, creando situaciones para su desarrollo. Dependerá de la ocurrencia de dichas situaciones de clase que el alumno logre “re-des-contextualizarlos” (Brousseau, 1996), es decir, construir significados y procesos personales.

Como lo expresa Sutton (2003) el estudiante debería apropiarse de las formas discursivas asociadas al trabajo de las ciencias, de la manera de hablar, de argumentar, de debatir, y de legitimar esos conocimientos. Lemke (1997) por su parte, sustenta la idea de que “hacer ciencia” está ligado a “hablar ciencia”, ya que en el aula el conocimiento se construye con palabras, pero además, desde esta propuesta se resalta que ese aprendizaje es más eficaz cuando hay actividad de interacción con objetos del medio didáctico. Es importante también

³ Para Sensevy "acción didáctica" es "lo que los individuos hacen en lugares (instituciones) en los que se enseña y se aprende". En sus propias palabras expresa: acción, le doy simplemente el significado de “lo que hace la gente”. Sin embargo, podría anotar que el término acción tal como es utilizado aquí, me parece compatible con el de práctica, en el sentido en que lo utiliza Bourdieu (1980, 1997), y con el de actividad en el sentido de la teoría de la actividad (principalmente Clot (1999), Leontiev (1984)). El término didáctica, debe ser considerado en un sentido muy general, es decir, lo que sucede cuando una persona enseña una cosa a otra persona (esta "otra persona" puede, eventualmente, ser la misma persona que enseña).

reconocer que comunicarse bien no es un don con el que se nace, sino que es una habilidad en la cual hay que formarse y es una cuestión de actitud en el caso de los profesores ante la docencia, y ante el conocimiento por parte de los alumnos. Por lo tanto, desde la didáctica de las ciencias, los aspectos relacionados con el discurso como tema de investigación, han adquirido mayor relevancia en los últimos años; siendo el estudio de las interacciones comunicativas en la clase y su relación con la construcción del conocimiento en situaciones de enseñanza aprendizaje, uno de los objetivos más importantes (Coll & Sánchez, 2008). A este enfoque pertenecen, por ejemplo, los análisis de las situaciones de aula como procesos de negociación de sentidos (Coll & Onrubia, 2001; Cubero et al., 2008, 2013; Mortimer & Scott, 2003) y las explicaciones de la situación didáctica como un esfuerzo conjunto, del profesor y sus estudiantes, hacia el aprendizaje (Sensevy, 2007b).

Es por ello que surgió el interés de realizar un estudio que diera cuenta de prácticas docentes, que evidenciaran un trabajo comunicativo interactivo entre profesor-estudiantes, en especial aquellas que se producen en las aulas universitarias, ya que son pocos los estudios encontrados en el contexto sobre esta temática y a este nivel. Respondiendo a los intereses de estudio hasta aquí mencionados, la presente investigación centra la atención en los procesos de comunicación en donde el rol del profesor cambia, de transmisor de conocimientos a regulador de los diálogos en procura de la construcción de significados compartidos entre los participantes de la clase (Rickenmann, Angulo & Soto, 2012). En esta perspectiva es el docente el que guía y orienta su práctica, determinando qué enseñar, cómo enseñar y qué rol darle al alumno en cada etapa del proceso de construcción del conocimiento, así mismo es el agente que sostiene el diálogo didáctico en el marco de las actividades. Pero cabe aclarar que el interés de esta investigación no es el discurso en sí, sino el proceso de enseñanza que realiza el profesor y el de aprendizaje que eventualmente llevan a cabo los estudiantes. Para ello se centra la atención en los modos de actuar ante ciertas tareas y rutinas de la clase por parte de los estudiantes y en los discursos que describen, regulan y dan indicios de la forma como emerge el conocimiento en el aula.

A este respecto y teniendo en cuenta que esta tesis se remite al área de química, en particular el tema de estructura atómica, Mercer (1996) propone que un paso práctico sería atender que la educación no consiste en la manipulación física de objetos, sino que en las aulas gran parte

de los aprendizajes consiste en adquirir, o hacerse con un determinado *lenguaje*. Es decir, no solo se habla de realidades lejanas y desconocidas, sino que estas a veces no son tangibles ni manipulables. Es por ello que se puede señalar que la realidad con la que se trabaja no es directa, o existe por sí sola, sino que es creada a través de sistemas simbólicos como el lenguaje. Este rasgo caracteriza al discurso escolar y lo hace distinto y apoya la pertinencia de considerar el aprendizaje como un proceso comunicativo o discursivo en el aula (Candela 2001, Prados & Cubero, 2016, 2005).

Ahora bien, en textos como los de Bruner (1998, 2009), Edwards (1990), Wells (1999, 2003), Wertsch (1988) por ejemplo, se encuentra que el aprendizaje puede considerarse como un proceso de “socialización de nuevos *modos de discurso*” o dicho de otro modo, de adquisición de nuevas formas de comprender y explicar la realidad. Podemos afirmar que aprender los conocimientos de cada materia, es aprender a emplear los modos de discurso apropiados para dicha disciplina. Es por ello que “*aprender con andamiaje*” en la escuela, consistiría por lo tanto en ayudar a los alumnos a utilizar el lenguaje de manera que adquieran nuevos marcos de referencia con los cuales poder re-contextualizar sus experiencias. En términos de la teoría de situaciones de Brousseau (2007), se trata de generar un marco de referencia para el alumno; es decir que cuando se piensa en comunicar un contenido, no sólo debe preverse qué información se ha de brindar, sino quién será el interlocutor y cuál su posible re-significación.

Para este último aspecto, se debe tener en cuenta que las ideas que generan los estudiantes no siempre coinciden entre sí, con lo que científicamente es considerado como “verdadero” y entran en conflicto unas con otras; esto se debe al bagaje de experiencias y conocimientos adquiridos como consecuencia de la participación activa del estudiante en el mundo que le rodea y en la propia escuela. Esas concepciones son utilizadas para comprender, interpretar y afianzar los nuevos aprendizajes (Candela, 2006; Cubero, 1996), pero mediante las actividades diarias y con la ayuda del profesor se van negociando significados comunes a todos, que supone para los alumnos una adquisición de modos discursivos cada vez más cercanos a los de las disciplinas académicas que son referente conceptual en el aula.

Con todo este panorama y teniendo en cuenta que el presente estudio se realiza en un aula universitaria, a este respecto estamos hoy todavía en una situación en la que en los primeros

semestres el objetivo fundamental es introducir a los estudiantes en un discurso del saber que ya está establecido. Es decir, algunos mensajes referidos a contenidos específicos ya se encuentran semántica y sintácticamente estructurados en los libros de texto y en las guías de clase. Pero la distancia entre éstos y los mensajes verbales que originan las diferentes actividades de la clase, son fuente de problema en la comunicación didáctica. Es aquí donde cobra importancia el estilo docente, las situaciones que organiza y el uso de una sintaxis y semántica particular que transporta significados al alumno y lo conduce, a través de la interacción, a un determinado nivel de construcción del contenido (De Longhi, 2000). Por ello cobra importancia el estudio del análisis de la comunicación que se establece a través del diálogo profesor-estudiantes, a partir de determinado objeto de conocimiento de una disciplina científica a nivel de educación superior.

Inicialmente para esta investigación se grabaron 10 profesores del área de química y materias afines de tres universidades de la región por un periodo de 18 meses, y se observó que estas clases en su gran mayoría seguían un formato de enseñanza tradicional, caracterizado por clases expositivas en donde el profesor habla y los estudiantes toman nota. Esta información recolectada, corroboraba lo reportado por la literatura sobre la predominancia del monólogo en estas aulas, pero de alguna manera no había elementos nuevos que se pudieran caracterizar a partir de estos hallazgos.

Por ello se continuó con la búsqueda de un profesor que dirigiera sus clases de forma distinta, para explicitar ciertas acciones docentes que ayudaran a evidenciar cómo puede ser la docencia universitaria en ciencias, centrada en un trabajo desde la dupla devolución regulación. Finalmente, surgió un caso de estudio de una profesora del área de química que direcciona las clases a través de actividades que promueven intercambios comunicativos, en el cual las preguntas de la profesora y los estudiantes, y los diálogos que las enmarcan son predominantes en esta aula. Se siguió el desarrollo de una unidad temática⁴ elaborada por la docente centrada en el tema estructura atómica, lo que permitió describir los medios didácticos, el proceso de regulación que realiza la profesora, la respuesta de los estudiantes

⁴ A nivel universitario se usa más la denominación de unidad temática que secuencia didáctica.

a esa propuesta de trabajo (devolución), los roles de los actores en la clase, la negociación de significados a partir de esa actividad conjunta entre profesor y estudiantes, etc.

Aquí surge la primera pregunta de investigación:

¿Cómo el profesor y los estudiantes llegan a co-construir significados a partir de la interacción en donde han participado?

Desde el inicio de la indagación se utilizó como referente teórico, la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD), propuesta por Brousseau (1990, 1991, 2007) y la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC), propuesta por Sensevy (2007). Estas teorías consideran los sistemas didácticos compuestos de tres polos en continua interacción: el profesor, el alumno y el saber. En este proceso la acción didáctica es considerada como una actividad conjunta y como un proceso comunicativo en el que se da un diálogo transaccional entre profesor y estudiantes a propósito de contenidos/saberes. Esto significa que cada uno de los interlocutores en el diálogo trae a la situación unos sentidos y unas intenciones que entran en interacción con él o los otros y, mediante el reconocimiento mutuo y el intercambio de sentidos, se va construyendo un saber compartido.

Dentro del marco de la TADC, los estudios sobre la acción docente han permitido identificar los conceptos que ayudan a describir cuatro categorías de funciones de la labor del profesor en la clase: *definición*, *devolución*, *regulación* e *institucionalización*. Estas categorías permiten al profesor establecer las reglas del juego al iniciar una sesión de clase, o redefinirlas, si es el caso. En la *definición* el profesor expone los contenidos, establece los medios, propone actividades y las reglas para la realización de estas. Esto supone que el profesor realice una *devolución* transfiriendo la responsabilidad de la realización de la actividad a los estudiantes, para que sean ellos quienes controlen y modifiquen el medio didáctico. Una vez lograda esta devolución el profesor asumirá funciones de *regulación*, es decir supervisión de la tarea en donde observa, evalúa, ajusta parámetros de acuerdo con la evolución de la situación con el fin de la producción de estrategias que permitan a los estudiantes alcanzar los objetivos propuestos. Finalmente se da la *institucionalización* del conocimiento, en la que el profesor valida y socializa los logros alcanzados por medio de la actividad (Sensevy, 2007b).

La interrelación de estas funciones docentes constituye una herramienta para repensar el trabajo del profesor en la medida en que ayuda a comprender más claramente la noción de *andamiaje* propuesta por Bruner (1987). Con esta noción Bruner se refiere a la preparación de la actividad por parte del adulto, que funciona a la manera de los andamiajes que permiten a los trabajadores ir construyendo la estructura central de una edificación y, posteriormente desaparecen al ya no ser necesarios. Así, las funciones de *andamiaje* y de *regulación* que el docente adopta, no para transmitir directamente los conocimientos a través de su discurso, sino para organizar y manejar las actividades didácticas a través de las cuáles los estudiantes construyen por sí mismos sus comprensiones, son de vital importancia en esta tesis. Además, se considera que un adecuado acompañamiento por parte del profesor, favorece la comunicación en las clases, generando intercambios dialógicos con sus estudiantes, enfocando las conversaciones en ideas relevantes que aportan al entramado conceptual para el aprendizaje de las ciencias.

Otro aspecto tenido en cuenta en este trabajo son los tres tipos de procesos didácticos directamente ligados a la acción conjunta, los cuales ayudan a describir el estado de un sistema didáctico en un momento dado; estos procesos son: la *mesogénesis* la cual está relacionada con la evolución del medio didáctico (contenidos, condiciones y reglas de la tarea) a lo largo de la clase, la *topogénesis* caracterizada por los roles que los agentes profesora y estudiantes, adoptan durante la tarea didáctica y la distancia de estos últimos con el saber a lo largo de la clase o unidad temática, y la *cronogénesis*, que implica los tiempos relacionados con límites que el profesor asigna a la tarea y los avances de la actividad en términos de articulación de contenidos co-construidos (Sensevy, 2007b). Desde un punto de vista descriptivo es posible establecer relaciones de complementariedad entre los tres tipos de procesos didácticos, es decir, un avance mesogenético de la clase, necesariamente debería conllevar modificaciones y/o avances en los órdenes topo y cronogenético.

No obstante, y a manera de hipótesis se puede establecer que un cambio en la topogénesis de los estudiantes trae como consecuencias modificaciones o avances sustanciales en la mesogénesis y la cronogénesis, por cuanto la topogénesis involucra acciones de aprendizaje que implican *interpretación* (ej. de gráficos y lecturas), *producción* (ej. de esquemas, explicaciones, representaciones), *transformación* (ej. de antiguos saberes a nuevos saberes)

y con ello la incorporación de dinámicas metacognitivas y de regulación del aprendizaje por parte del estudiante, que lo lleva a tomar conciencia de su rol dentro del contexto del juego didáctico.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que una acción docente centrada en alternar tipos de actividades y medios didácticos que favorezcan la promoción de *diálogos*, involucra por parte del profesor un compromiso primordial en la *devolución* y la *regulación*, dando muestra del cambio *topogenético* del estudiante. Esto se hace evidente en la medida que el alumno se acerca al saber apropiándose de las formas discursivas asociadas a las temáticas de estudio, interpreta correctamente instrucciones de la tarea, usa adecuadamente el modelo teórico correspondiente, formula interrogantes, toma conciencia sobre las contradicciones, detecta vacíos en los razonamientos (propios o de los demás), entre otros. Esta dinámica transaccional del trabajo en el aula, los movimientos topogenéticos que se generan en los estudiantes, y las implicaciones de este modo de proceder nos lleva a formularnos las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los efectos del enriquecimiento topogenético de los estudiantes en una clase que promueve la co-construcción discursiva?

¿Qué tipos de conocimientos construyen los estudiantes?

¿Cuáles son los fenómenos didácticos que tienen lugar en una clase que promueve la co-construcción discursiva?

De estas preguntas se derivan los objetivos de la investigación:

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General:

Conceptual: Explorar el potencial y las limitaciones que tiene la acción docente centrada en la interacción discursiva, en particular aquellos que favorecen movimientos topogenéticos de los estudiantes.

Metodológico: Analizar los procesos de interacción desde la perspectiva de la dupla Devolución-Regulación, que se dan en las aulas entre profesores y estudiantes atendiendo a

los roles que estos juegan en la construcción conjunta de significados en clases de química en educación superior.

Específicos:

Estudiar las modalidades de enriquecimiento topogenético de los estudiantes dentro de una clase que promueve la co-construcción discursiva.

Estudiar los efectos en términos de construcción de conocimiento (conceptuales, actitudinales, procedimentales) en los estudiantes.

Describir los fenómenos didácticos que se dan dentro de una clase que promueve la co-construcción discursiva.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentan las principales herramientas conceptuales que hacen parte de la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) propuesta por Brousseau (1991, 1998, 2007), y la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC) desarrollada por Sensevy (2007), las cuales nos permiten describir y analizar el funcionamiento de los sistemas didácticos estudiados. Alrededor de ellos emergen otros autores como son Piaget, Vygotski, Chevalard, Schubauer-Leoni, Mercier, Rickenmann, entre otros.

De estas teorías se muestra una síntesis organizada y sistematizada de los diferentes conceptos que han venido siendo el producto de las investigaciones en didácticas de las disciplinas, centrándonos en nociones como el medio didáctico, el contrato, la triada de las génesis; la cuádrupla de caracterización del juego etc., los cuales permiten descripciones sistémicas de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Al final del capítulo se da una visión general de algunos trabajos que se han acercado al aula, estudiando el discurso con diversos cometidos (construcción conjunta de significados, creación de intersubjetividad, el lenguaje en el aula), con el fin de encontrar en el habla de los participantes, otros elementos que aporten al análisis de cómo se construye el conocimiento en esta aula.

2.1 La teoría de situaciones didácticas TSD

La TSD, esencialmente matiza los conceptos de asimilación y acomodación definidos por Piaget (1971, 1975), quien postula que el conocimiento está íntimamente ligado a una o más situaciones, es decir se describe el conocimiento en términos de situaciones. La TSD se puede definir como una situación construida intencionalmente con el fin de hacer adquirir a los alumnos un saber determinado. En esta teoría se estudian los proceso de enseñanza y aprendizaje, que se dan en un conjunto de relaciones establecidas en un sistema formado por la triada profesor, estudiante, saber. El profesor es quien facilita el medio con el cual el estudiante construye su conocimiento; su papel es crear, diseñar, planear etc., situaciones favorables a fin de lograr que el alumno aprenda un determinado conocimiento. El alumno debe adaptarse al medio didáctico, tener una disposición para aprender y asumir su rol. Finalmente el saber son los conocimientos en juego, este saber, fruto de la adaptación del

alumno, se manifiesta por respuestas nuevas que son la prueba del aprendizaje (Brousseau, 1986). En este sistema la actividad del profesor y del alumno se determina en función de las acciones que cada uno de ellos realiza sobre el medio didáctico, el cual es representado por aspectos materiales (papel, lápiz, tablero, reglas, calculadoras, ordenadores,...) y simbólicos (contexto cognitivo: los lenguajes formales, los gráficos, los tipos de discursos, etc.).

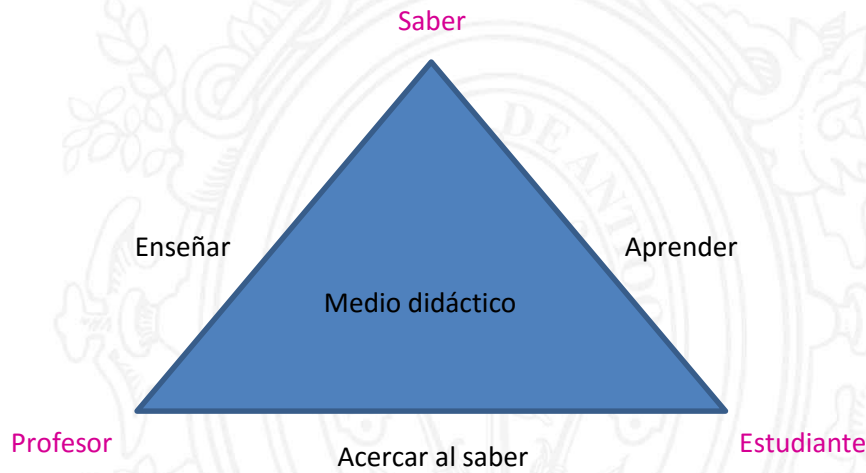


Figura 1. Triada profesor, estudiante, saber.

Fuente: inspirado en el modelo propuesto por (Houssaye, 1988)

2.2 El medio didáctico

Desde esta perspectiva del aprendizaje, se concibe al profesor como el responsable de organizar medios adecuados para que el alumno interactúe con ellos y entre en relación con el saber. Además esta noción de medio favorece el cuestionamiento del objeto de estudio, recortarlo, vincularlo a otros saberes, centrarse en elementos claves del saber en juego etc. Es así como el profesor al preparar su clase para enseñar un tema, selecciona los materiales y los medios que favorezcan su tarea: objetos, problemas, actividades a realizar, ejercicios, textos, etc.

Cuando se interpreta la enseñanza como una comunicación de informaciones, el docente se preocupa por la calidad de su mensaje, y entonces los medios a los que recurre tenderán por ejemplo a cuidar particularmente el lenguaje, a brindar explicaciones claras, a usar recursos didácticos con sus aplicaciones etc. (Fregona & Orús, 2011).

Es así como la enseñanza en la teoría de las situaciones es una actividad que reúne dos procesos: uno de aculturación del alumno y otro de adaptación relativamente independiente (Brousseau 1999). El aprendizaje se concibe entonces como interacciones entre grupos de culturas diferentes y también como una adaptación a un medio que es factor de contradicciones, dificultades y desequilibrios. Cuando el medio del individuo se modifica y no resulta inmediatamente interpretable con los esquemas que posee, entra en crisis y busca encontrar la manera de recuperar su equilibrio. Según el modelo piagetiano, se producen modificaciones en los esquemas cognitivos y se incorporan nuevas experiencias. Análogamente, en el aula se trataría de organizar un medio que se resista a la interpretación inmediata del alumno y que lo lleve a actuar, formular lenguajes y conceptos, cuestionar la validez de lo que se produce, etc. Los conocimientos se manifiestan esencialmente como instrumentos de control, de regulación de esas situaciones (Brousseau, 1986).

2.3 Categorías de acciones de aprendizaje

Desde el punto de vista pragmático de las interacciones del alumno con el medio, se pueden identificar tres grandes categorías de actividades en los procesos de aprendizaje: las actividades de *recepción-interpretación*, las actividades de *producción-transformación* y las actividades de *comunicación-metacognición* (Allal, 2000; Camps, 2000). Las dos últimas categorías de actividades implican una distancia reflexiva con respecto a la primera. Estas categorías son complementarias e interdependientes en donde la articulación se logra a partir de una diferenciación entre los roles de *experto* y *novato* en el aula y la posibilidad para los agentes, docente y alumnos, de asumirlos en determinados momentos y niveles de dificultad (ver Figura 2).

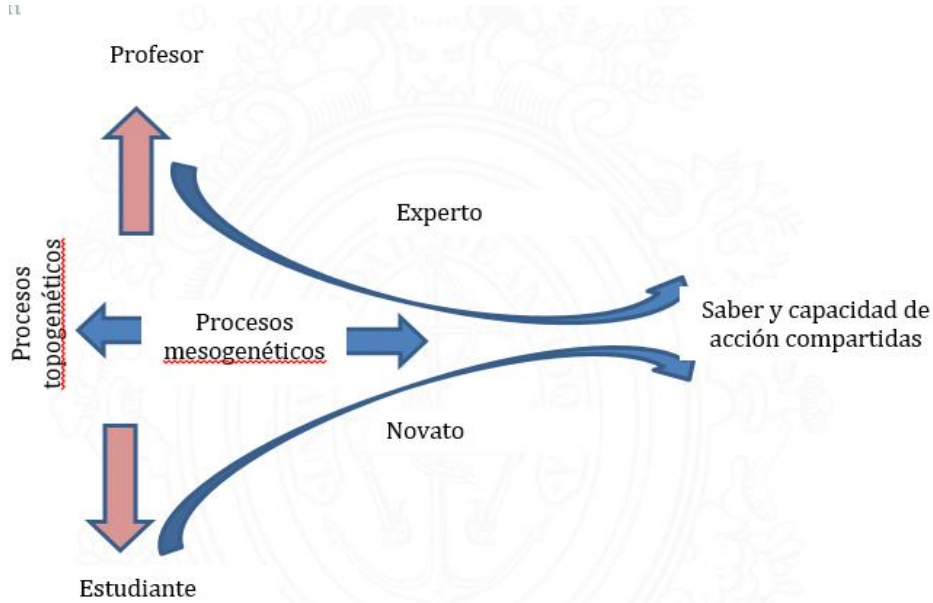


Figura 2. Articulación entre los roles de experto y novato en el aula. Tomado de Rickenmann, Angulo y Soto (2012).

Esto implica que se haga una diferenciación entre los sujetos y los roles que pueden asumir en un momento dado en una actividad. Desde este punto de vista, se considera una experticia no en función de capacidades aisladas de un individuo, sino como *agentividad* en la acepción del término en pragmática lingüística, es decir, asociada a contextos de acción. Así, un objeto como un libro implica como mínimo un agente escritor y un agente lector.

El docente puede entonces identificar a partir de las características de las prácticas educativas, actividades que corresponden principalmente a una u otra de las grandes categorías de la actividad de aprendizaje, con el fin de identificar los roles y funciones en las tareas/actividades didácticas. Así, por ejemplo, una clase de ciencias implica actividades de *recepción/interpretación* que movilizan una gran diversidad de operaciones cognitivas de lectura, observación, comparación, contraste, a partir de las cuales pueden potencialmente generarse actividades de *producción/transformación* como explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, organizar información, sacar conclusiones, hacer inferencias, generar argumentos a la luz de las teorías científicas etc. En algún momento de su acción, el estudiante producirá un discurso con funciones *metacognitivas*.

En esta perspectiva el docente es visto como el portador de una experticia disciplinaria, a la vez instrumental y social, a quién le corresponde el rol central de proponer situaciones de aprendizaje y disponer los medios didácticos necesarios para que el alumno actúe en ellas (Brousseau, 1996). En consecuencia, está llamado a convertirse en el facilitador de la apropiación por parte del alumno de los diferentes tipo de saberes (*conceptuales, actitudinales, procedimentales...*). Así, la actividad de apropiación del alumno ya no se considera exclusivamente desde un punto de vista individual, sino como un proceso fundamentalmente social sobre todo en el marco educativo (Rickenmann, Angulo & Soto, 2012).

2.3 Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC)

Esta teoría fue desarrollada inicialmente por Schubauer-Leoni, Mercier, y Sensevy (2002), apoyada en los planteamientos de la teoría de las situaciones didácticas propuesta por Brousseau (1998), y la teoría antropológica de Chevallard (1997), la primera se enfoca esencialmente en los procesos de aprendizaje y la segunda se centra en los procesos transpositivos ligados a la enseñanza. La TADC intenta articular las dos dimensiones.

Para la TADC, el hecho de que la situación enseñanza-aprendizaje, sea una actividad conjunta permite ubicar la acción didáctica como un proceso comunicativo y, como tal, un evento cooperativo en donde las acciones y el intercambio de mensajes entre el profesor y sus estudiantes se considera una transacción (Sensevy, 2007b); decir eso, es una manera de empezar a especificar esta acción como acción dialógica. Esto significa que cada uno de los interlocutores aporta a la situación unos sentidos y unas intenciones que interactúan entre sí y a través de los cuales se va construyendo un saber compartido que, en una situación ideal, sería el objetivo de aprendizaje.

2.4 Las transacciones didácticas

Desde este punto de vista, una descripción de lo que ocurre en una sesión de clase puede hacerse de acuerdo a cómo evoluciona el objeto de saber, desde el momento en que éste es introducido por el profesor en las transacciones, pasando por los diversos momentos en los que las intervenciones del profesor y los estudiantes le asignan formatos o sentidos diferentes.

Como lo expresa también Castañeda (2010) los procesos interrelacionales, dialógicos y comunicativos que se suscitan dentro de la terna didáctica (profesor, estudiante, saber), se denominan “transacciones didácticas”. Las transacciones didácticas están dadas por la aceptación de los roles implícitos que posee cada parte implicada en el proceso de aprendizaje. Es así como estas transacciones didácticas están correlacionadas con los aspectos “topogenéticos”, que forman parte de cada una de las “acciones” y de cada uno de los implicados en esta transacción.

Así explicado, el objeto de enseñanza y aprendizaje es un saber transaccional. Es precisamente esa acción o transacción del saber lo que es necesario describir, para comprender cómo ocurre la enseñanza y el aprendizaje. En la medida en que se trata de una actividad intersubjetiva, la acción didáctica de un sujeto debe describirse siempre en relación con su interlocutor. Adicionalmente, puesto que las transacciones didácticas se producen en un contexto institucional dado y para una situación particular dada, toda acción debe ser descrita en referencia a un evento concreto (Camargo, 2010).

2.5 El contrato didáctico

Las transacciones didácticas tácitas e implícitas dan paso a la definición de “un contrato didáctico” que relaciona las situaciones didácticas con los agentes (docente-dicente o colocutores) que intervienen en el proceso cognitivo. Este contrato rige las relaciones entre maestro y alumnos en cuanto a proyectos, objetivos, decisiones, acciones, evaluaciones didácticas etc., y evidencia las exigencias del maestro sobre una situación particular. En el marco de la relación didáctica, tanto el docente como los alumnos, saben que tienen responsabilidades con respecto al objeto de enseñanza. En este proceso la acción del alumno está determinada en gran parte por las actividades de aprendizaje que propone el profesor y por su parte, la acción del docente se orienta y ajusta en función de los comportamientos y acciones del alumno.

Es común que en un aula de clase los roles estipulados por cada uno de los partícipes se hagan repetitivos y generen costumbres en cada una de las partes (Sensevy, 2007b). Estos roles imponen a cada agente el deber de hacer lo que se espera de él, por ejemplo del alumno se espera que se siente en el aula, tome apuntes, participe de las actividades de clase, pregunte,

responda etc.; del docente, por ejemplo se espera, una instrucción, que explique, dirija un ejercicio, incentive al alumno a participar en la clase, etc.).

2.6 El juego didáctico

Todo lo anterior remarca una actividad dialógica y orgánicamente cooperativa que se podría explicar a través del término *juego didáctico*, en donde se concibe al profesor y al estudiante(s) como partes de dos equipos que deben conseguir la estrategia ganadora; el profesor “gana” el juego didáctico en la medida en que el alumno produce las respuestas⁵ exitosas. Hay dos características de la actividad del profesor en el aula que ponen en evidencia este hecho. En primer lugar, durante el diálogo transaccional que ocurre en la clase, los comportamientos comunicativos del profesor son reticentes. Esto significa que el profesor nunca dice todo lo que sabe sobre el objeto particular. La reticencia profesoral obedece a la condición del juego didáctico en la que el estudiante debe producir por sí mismo el comportamiento ganador. Así las cosas y desde un punto de vista pragmático, los enunciados del profesor deben asumirse como indicios en los cuales está sugerida, pero no dicha explícitamente la estrategia ganadora. En segundo lugar, debe suponerse que prácticamente todos los enunciados del profesor tienen un carácter perlocutivo, es decir, que poseen la intención comunicativa de que su interlocutor actúe en consecuencia. Así, tanto lo que el profesor dice, cómo lo dice, debe conducir al alumno a actuar de una determinada manera. Se espera que esa forma sea la estrategia “ganadora”.

En este proceso los profesores son dados a cometer infracciones a la regla ya sea aceptando como válido cualquier respuesta (efecto Jourdain) o sugiriendo la respuesta correcta al estudiante (efecto Topacio). El ideal de este proceso es que el profesor debe actuar de tal manera que el estudiante asuma la responsabilidad de jugar verdaderamente el juego del saber, además no aprobará nada que pueda provocar resultados de poco valor; si el docente divulga sus informaciones a propósito de la estrategia ganadora, al alumno no se le podrá

⁵ Por "respuesta" se debe entender un hecho más genérico que el sólo "discurso" del estudiante ante una pregunta del docente. Una respuesta puede ser la solución (práctica) a un problema.

otorgar esta estrategia como de su propia producción y el profesor no sabrá con certeza si el estudiante realmente aprendió (Sensevy, 2007b).

2.7 La acción docente

El estudio sobre la acción docente se realiza desde una perspectiva institucional de la actividad que, desde su carácter compartido y social, busca describirla como un proceso de interacciones y de transacciones. Esta característica sistémica ha permitido describir la acción docente desde las funciones que asume con respecto a la dinámica colectiva de la actividad. Dentro de este marco, los estudios sobre la acción docente han permitido identificar los conceptos que permiten describir cuatro categorías de funciones de la labor del profesor en la clase: definición, devolución, regulación e institucionalización (ver figura 3). Estas categorías permiten al profesor establecer las reglas del juego al iniciar una sesión de clase, o redefinirlas, si es el caso. A si mismo los estudiantes deben hacer la debida restitución es decir asumir el juego de una manera adecuada, esta “manera adecuada”, encuentra su sentido en el hecho de que el juego didáctico es un juego de aprendizaje que se centra en el saber (Sensevy, 2007b).

A continuación se definen dichas categorías:

La definición: Un juego debe ser definido y los alumnos deben comprender que están jugando y asumir el juego teniendo claro que este se centra en el saber. En este punto el profesor define la actividad, las diferentes tareas de aprendizaje, el medio didáctico y las reglas del juego.

La devolución: Cuando el alumno se enfrenta al medio, el profesor formador le devuelve la responsabilidad del aprendizaje en una situación didáctica o actividad cuyo planteamiento debe llevar a los alumnos a la producción de un saber específico, proposicional o procedimental etc. La labor del profesor por lo tanto, es plantear una situación didáctica y estructurar un medio que incluya un contenido de saber y que de manera natural obligue al alumno a responder adecuadamente, sólo si ha movilizado cognitivamente ese contenido de saber.

La regulación: Sin embargo, una buena situación didáctica no basta para generar aprendizajes, es necesario también establecer una *interacción* entre el docente, el alumno y el saber que se caracterice por una cierta intencionalidad didáctica (Rickenmann, 2005). Es allí en donde el profesor debe regular a lo largo del juego los comportamientos de los alumnos en aras de la producción de estrategias ganadoras en función de los objetivos didácticos.

La institucionalización: Es el proceso por medio del cual el profesor confirma que lo producido en la actividad por los alumnos, ha permitido que los estudiantes encuentren saberes legítimos. Es aquí donde se dan las respuestas de los alumnos en términos de saberes reconocidos y adquiridos.

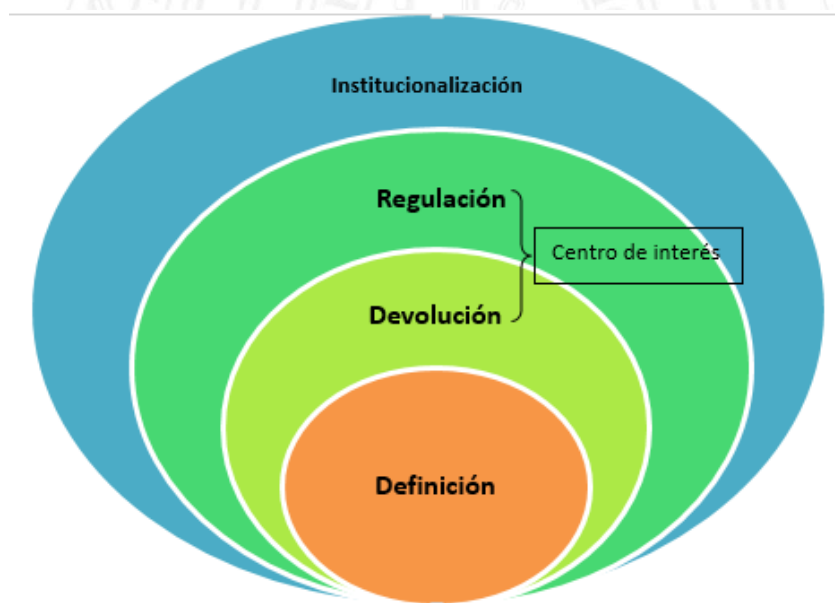


Figura 3. Categorías de acciones didácticas: definición, devolución, regulación e institucionalización.

Fuente: elaboración propia

2.8 Zona de desarrollo potencial y andamiaje

Las categorías de acciones didácticas permiten al profesor establecer los parámetros de la relación entre los conocimientos, usos y aplicaciones, en función de las ayudas que él puede brindar, teniendo en cuenta las metas de la actividad. Pero es también importante resaltar y tener en cuenta que en los procesos de enseñanza y aprendizaje, las interacciones entre los

sujetos conllevan experiencias individuales, que se manifiestan en el medio a través de los diversos tipos de actividades en las que los sujetos entran en relación con un saber determinado. Esta ayuda social, en el caso de un estudiante, corresponde al concepto de zona de desarrollo potencial (ZDP) de Vygotski (1978) que como lo define el autor: “No es otra cosa que la distancia entre el nivel actual de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz” (p. 86). De esta manera, la mediación del profesor hace parte integral de las actividades de acceso de los estudiantes a los contenidos y a los medios didácticos.

El concepto de ZDP está estrechamente ligado al concepto de *andamiaje*, relacionado con las situaciones de apoyo que el adulto crea para que los niños puedan aplicar en un nivel de competencia mayor, las destrezas y conocimientos que ya poseen. Este concepto introducido por Bruner y sus colaboradores (Wood, Bruner, & Ross, 1976), en donde metafóricamente se dice que de la misma manera en que los albañiles que construyen una casa utilizan la ayuda de andamios, los adultos proporcionan a los niños “andamios” en los que apoyarse para realizar una tarea adecuadamente. Ahora bien, si lo que se pretende es que el niño sea capaz de realizar la tarea por sí mismo, el adulto ha de ir retirando gradualmente esas ayudas, es decir ajustando sus apoyos (Wood & Wood, 1996).

En esta perspectiva el experto no sólo ayuda a motivar al alumno, proporcionando suficiente soporte para permitirle lograr la meta, sino que también brinda apoyo destacando las características críticas de la tarea, proporcionando consejos y preguntas que puedan ayudar al alumno a reflexionar (Wood et al., 1976). Pea (2004) menciona entre las propiedades del andamiaje su naturaleza dinámica y adaptativa, la evaluación constante, el ajuste de la tarea y enfoque de atención, el modelaje de soluciones y el carácter temporal o desvanecimiento de las estructuras de apoyo. De acuerdo a Stone (1998), el andamiaje es un proceso interactivo que se produce entre el profesor y el estudiante en donde ambos participan activamente en el proceso. Pero se puede resumir que en los trabajos realizados al respecto, en general el andamiaje se interpreta como el apoyo de un profesor a un alumno al realizar una tarea, que de otro modo el estudiante no sería capaz de lograr. Otro aspecto importante es que la mayoría de los estudios al respecto se han enfocado en la enseñanza de lenguas y

en ambientes de aprendizaje computacionales; en una menor proporción se encuentran estudios en el aula en el área de matemáticas y ciencias a nivel de básica primaria y secundaria generalmente (van de Pol, Volman, & Beishuizen, 2010).

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada por van de Pol, Volman y Beishuizen (2010), la primera característica común en las diversas definiciones de andamios usadas en la mayoría de estos trabajos es *la contingencia*, que se refiere a la adaptación de las estrategias de enseñanza del docente a las necesidades del estudiante durante el desarrollo de las tareas de aprendizaje. En un aula un profesor actúa de manera contingente cuando adapta el apoyo de una manera u otra a un estudiante o grupo de estudiantes. Una herramienta usada en la contingencia es el diagnóstico. Para proporcionar apoyo contingente, primero se debe determinar el nivel actual de competencia del estudiante (Garza, 2009; Lajoie, 2005; Macrine & Sabbatino, 2008; Pea, 2004). La segunda característica común es el *desvanecimiento* o la retirada gradual de los andamios, la cual depende del nivel de desarrollo y la capacidad del estudiante, lo que significa que un profesor retira el andamio o el nivel de apoyo con el tiempo. El desvanecimiento está fuertemente relacionada con la tercera característica común del andamiaje y es la *transferencia de la responsabilidad* de la ejecución de la tarea al estudiante, la cual debe hacerse gradualmente. La responsabilidad aquí se interpreta en un sentido amplio, puede referirse al desarrollo de actividades y estrategias que apuntan a favorecer dinámicas cognitivas y metacognitivas en los estudiantes (Chiu, Chou, & Liu, 2002; Delmastro, 2008; Mercer et al., 2004); además de las ya mencionadas, otros autores incluyen estrategias de andamiaje para promover la motivación y la emoción por el aprendizaje en los estudiantes, es decir, andamiaje afectivo (Azevedo et al., 2005; Turner et al., 1998).

La responsabilidad del aprendizaje se transfiere cuando un estudiante asume cada vez mayor control de su aprendizaje. Sin embargo, el uso de tales estrategias no implica automáticamente la ocurrencia de andamiaje, ya que para ser considerada como tal, la interacción se debe representar las tres características claves de andamio: la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de la responsabilidad (Valsiner & van der Veer, 1993). Es decir, para que se produzca el andamio, el maestro debe aplicar estrategias de andamiaje que sean claramente contingentes (con base a las respuestas de los estudiantes). Este apoyo

se debe desvanecer en el tiempo, como consecuencia del aumento de la responsabilidad del alumno en la realización de la tarea en cuestión.

Para finalizar estas ideas y enfocándonos en los planteamientos generales y de interés para este estudio, los trabajos situados en esta tradición de investigación han ofrecido dos grandes grupos de herramientas conceptuales para el estudio de los procesos de influencia educativa. Por un lado, está la noción ya mencionada de “andamiaje” y por otro, están las nociones relativas a los “mecanismos semióticos”, manifestados a través de la actividad conjunta y del proceso de internalización, que permiten niveles más altos de intersubjetividad en las representaciones o significados individuales de los aprendices que participan en la interacción (Wertsch, 1988).

Lo importante a resaltar en este punto es que para estudiar los *procesos de andamiaje* que lleva a cabo el profesor, y los *mecanismos semióticos* y discursivos que circulan en el habla de los participantes en la clase, se debe apuntar al rol activo que juegan los aprendices en el proceso educativo. De acuerdo a este trabajo, mediante acciones docentes centradas en la dupla *devolución-regulación*, ambos participantes desempeñan un papel activo que condiciona el carácter dinámico y transaccional del proceso enseñanza y aprendizaje. Es por ello que se considera que un adecuado acompañamiento por parte del profesor, centrado en esta dupla, favorece la comunicación en las clases, generando intercambios dialógicos con sus estudiantes y favoreciendo procesos de regulación y de andamiaje.

2.9 La dupla devolución-regulación

Según lo expuesto anteriormente se considera que de las cuatro categorías de la acción docente, las relacionadas con la devolución y la regulación, ofrecen una posibilidad de ver “en acción” al docente con los estudiantes, y para que esto se dé, se requiere la disposición por parte de estos actores para establecer un diálogo en el que interactúen, a partir de los recursos materiales y simbólicos presentes en el medio didáctico. Describir los procesos de devolución-regulación implica centrarse en la dimensión enunciativa de la comunicación en el contexto de los juegos de aprendizaje, lo que permite a la vez caracterizar las transacciones didácticas.

Rickenmann, Angulo y Soto (2012) proponen que la enseñanza con devolución significa un cambio de paradigma en la acción docente. Lo anterior en la medida que el profesor al permitir que el estudiante tome el control de las actividades (devolución), introduce un elemento de incertidumbre sobre la planeación previa de la clase, obligando al docente a regular los procesos de aprendizaje. Es precisamente este aspecto de la regulación de los procesos de aprendizaje, en donde el rol del profesor cambia, de transmisor de conocimientos a regulador de los diálogos, dándose relevancia a aquellas situaciones en las que el estudiante tiene la oportunidad de expresar sus ideas haciendo uso de sus conocimientos previos y los adquiridos en la clase.

En este punto del estudio se plantea la siguiente hipótesis:

Un profesor que enfoca su acción en torno a la devolución con regulación permite la construcción de un medio didáctico que favorece en el estudiante la apropiación de posturas frente al conocimiento asociadas al trabajo de las ciencias (generar argumentos científicos, debatir, legitimar conocimientos), comparado con un profesor que desde un enfoque tradicional centra su acción en la definición e institucionalización.

2.10 Los procesos didácticos

Otro aspecto tenido en cuenta en este trabajo es el planteado por Sensevy (2007), en el que se estudian tres tipos de procesos didácticos directamente ligados a la acción conjunta, los cuales ayudan a describir el estado de un sistema didáctico en un momento dado.

Un primer tipo, son los procesos mesogénéticos, meso que significa “medio” y génesis que significa “origen” o principio de algo. En consecuencia la mesogénesis didáctica corresponde al proceso de surgimiento de un saber enseñado desde el punto de vista de los medios o formas que asume ese objeto durante el proceso. Esta evolución del saber pasa por diferentes momentos en los cuales se dan las intervenciones del profesor y los estudiantes hasta que el objeto del saber presenta una particular forma con un sentido específico (Camargo, 2010). La mesogénesis es entonces una respuesta a la elaboración de un sistema común de

significados para los actores del proceso enseñanza y aprendizaje, en el cual las transacciones didácticas presentan una evolución de su contenido a través del tiempo.

Un segundo tipo son los procesos cronogenéticos, que están conectados con la “temporización” de la actividad escolar, es decir, con los currículos, los programas y los horarios que en principio determinan cuando comenzar o terminar una actividad, haya o no ocurrido un aprendizaje. Estos procesos tienen lugar cuando el profesor o los alumnos hacen avanzar el medio didáctico y en forma ideal se logra cuando los estudiantes alcanzan el saber esperado, lo cual trae como consecuencia pasar a la siguiente actividad. Desde este punto de vista la enseñanza se concibe desde esta perspectiva como una progresión que se constituye por los cambios de juego. Se puede ver entonces que la mesogénesis y la cronogénesis están estrechamente relacionadas.

Y un tercer tipo son los procesos topogenéticos, en los que están implicadas las “posturas” y relaciones con el saber (Charlot, 1997) del docente, los alumnos y su evolución durante la actividad. En la topogénesis los alumnos al interactuar con un medio material y simbólico, deben desarrollar acciones acordes con el proyecto didáctico. De esta manera la observación de los comportamientos o las acciones que los alumnos adoptan durante la tarea didáctica, es una indicación del tipo de relación con el saber o con las actividades de aprendizaje que se han logrado establecer o que se están construyendo. Desde el punto de vista de la topogénesis, el estudio in situ de las interacciones didácticas (Chevallard, 1991; Mercier & Schubauer-Leoni, 2000; Sensevy, 1998), lleva a describir las transacciones, es decir a evaluar la actividad compartida por el profesor y el alumno, centrándonos principalmente en la acción del alumno.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

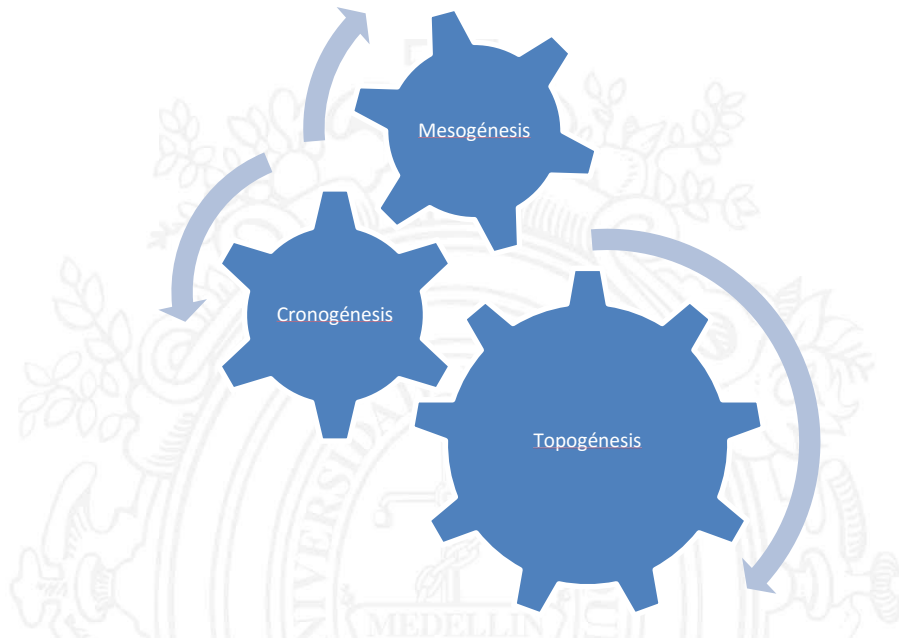


Figura 4. Procesos didácticos, topo, meso y cronogénesis. (Engranaje)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los procesos didácticos, insinúa un enfoque complementario al estudio de la actividad docente, en el sentido de permitir apreciar el aprendizaje de los alumnos como una función del desempeño del docente. Desde esta perspectiva resulta importante, analizar cómo los procesos didácticos evolucionan en función de la interacción docente-estudiante(s).

Desde un punto de vista descriptivo es posible establecer relaciones de complementariedad entre los tres tipos de procesos didácticos, mostrando su conexión e indivisibilidad. Es decir, un avance mesogenético de la clase, necesariamente debería conllevar modificaciones y/o avances en los órdenes topo y cronogenético. No obstante, y a manera de hipótesis se puede establecer que un cambio en la topogénesis de los estudiantes trae como consecuencias modificaciones o avances sustanciales en la mesogénesis y la cronogénesis, por cuanto la topogénesis involucra la incorporación de dinámicas metacognitivas y de regulación del aprendizaje por parte del estudiante, lo que lo lleva a tomar conciencia de su rol dentro del contexto del juego didáctico. Lo anterior se puede ilustrar con un ejemplo tomado de la clase de ciencias, cuando el profesor invita al alumno a apropiarse del rol de investigador; este rol solo se puede asumir cuando el estudiante comprende las características propias de todo investigador: actitud crítica, perspectiva de búsqueda, cuestionamiento razonado,

contrastación de puntos de vista contra evidencias, entre otros. Asumir este rol necesariamente conlleva desplazamientos en la mesogénesis (desde un punto de vista simbólico el estudiante puede llegar a desarrollar o proponer nuevos montajes y/o nuevas formas de registrar la información, por ejemplo) y en la cronogénesis (el profesor puede constatar avances importantes en el alcance de los logros y los objetivos propuestos para la clase).

Otro ejemplo de la interacción entre procesos didácticos, se puede ilustrar pensando en el profesor que observa que su estudiante es capaz de comprender un fenómeno natural porque utiliza adecuadamente el modelo teórico correspondiente; en este caso se puede asumir que el rol del estudiante ha cambiado (topogénesis). Desde el punto de vista cronogenético, la argumentación surge como una competencia cuyo aprendizaje parece ideal al momento de analizar los procesos didácticos. Esto se hace evidente en la medida que el alumno mejora la calidad de los diálogos en torno a los fenómenos, toma conciencia sobre las contradicciones, detecta vacíos en los razonamientos (propios o de los demás), entre otros; estos signos podrán constituirse en la plataforma dinamizadora del cambio.

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que una acción docente centrada en el estudiante, en la promoción de procesos interrelacionales (diálogos, argumentos), involucra por parte de los profesores un compromiso primordial en la devolución y regulación enfocado al cambio topogenético del estudiante, dentro del contexto de las reglas establecidas del juego y el contrato didáctico. Es precisamente esa acción o transacción del saber lo que es necesario describir, para comprender cómo ocurre la enseñanza y el aprendizaje.

2.11 Teoría de la Transposición Didáctica

Otro aspecto tenido en cuenta en este estudio y que hace parte de la base de los planteamientos de la TADC es, la Teoría de la Transposición Didáctica propuesta por (Chevallard, 1997), la cual se constituye en lente conceptual que permite explicar los procesos de mediación presentes en la práctica docente y aporta elementos valiosos que se deben tener en cuenta al estudiar los sistemas dialógicos didácticos. Según Chevallard, la transposición didáctica es un punto de referencia para iniciar la comprensión de las interrelaciones entre maestro, alumno y saber. En esta teoría se considera el conocimiento

escolar como producto de un proceso de transposición en donde intervienen científicos, educadores y didactas de la ciencias, lo que implica que los saberes que aprenden y construyen los estudiantes no son propiamente los que producen los científicos. Es así como al abordar el tema de lo que el docente enseña y como lo enseña, se debe tener en cuenta que con base en su saber teórico, profesional y práctico, el profesor identifica conocimientos centrales de un campo disciplinar y luego hace un recorte acomodándolo a lo que cree debe enseñar. En este proceso el docente realiza una traducción de un contenido de saber a un contenido a enseñar como señala Chevallard (1998, p.45).

“un contenido de saber que ha sido designado como saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de la enseñanza”.

Desde el punto de vista teórico, esta propuesta se sustenta en la TSD y la TADC centrándonos en los procesos didácticos y las acciones docentes, pero además toma elementos de otros marcos para comprender la situación de la clase desde el punto de vista de las interacciones discursivas y con ello la co-construcción de significados en esta aula. A continuación se enunciarán las bases conceptuales de estos enfoques, junto con algunos planteamientos de los investigadores que se han centrado en el estudio del discurso y las interacciones comunicativas entre los actores del aula de clase.

2.12 El estudio de las interacciones y el discurso en el aula

El análisis de lo que sucede en el aula y de la dinámica compleja en la que se implican profesores y alumnos no había sido abordada por los investigadores hasta hace unas décadas; el interés en estos estudios y sus repercusiones sobre el aprendizaje se centraron en un principio en la caracterización de los profesores, cuyo enfoque principal era la eficacia docente (Coll & Sole, 1990; Mercer, 1996). En los años setenta se encuentran diferentes investigaciones que toman como objeto de estudio el diálogo en el aula (Bellack, 1966; Doyle, 1977). Ya en la década de los ochenta y principios de los noventa, la preocupación principal de los investigadores en enseñanza de las ciencias estuvo ligada al análisis de los aprendizajes de los alumnos, a sus preconcepciones y a las de los docentes; también se comenzó a relacionar el aprendizaje con el contexto social en que está inmerso (Mercer &

Edwards, 1987; Seeger, 1991), y con las expresiones verbales y argumentaciones que se presentan en las clases de ciencias (Candela, 1999a; Llorens, 1987; Llorens, De Jaime, & Llopis, 1989).

Hoy en día, estas disciplinas tienen ya un marco de referencia aplicable a la identificación de los elementos comunicativos que describen una sesión de clase; la determinación de los aspectos semánticos y pragmáticos que intervienen en su dinámica; y la selección de las unidades de análisis para el estudio de cuestiones puntuales del proceso comunicativo que acompaña el aprendizaje. En este contexto, siguiendo las ideas de Vygotski, el aprendizaje es concebido como un proceso de construcción del conocimiento fundamentalmente inserto en actividades de naturaleza colectiva, llevadas a cabo por profesores y estudiantes en un entorno social específico, culturalmente definido. A este enfoque pertenecen, por ejemplo, los análisis de las situaciones de aula como procesos de negociación de sentidos (Coll & Onrubia, 2001; Mortimer & Scott, 2003), las explicaciones de la situación didáctica como un esfuerzo conjunto del profesor y sus estudiantes hacia el aprendizaje (Sensevy, 2007b), la construcción de conocimiento en el aula a través del análisis del discurso (Coll, Onrubia, & Mauri, 2008; R. Cubero et al., 2008; R. Cubero & Ignacio, 2011; Edwards, 2006; Prados & Cubero, 2016; Sánchez, García, & Rosales, 2008), etc.

Es así que el estudio de las interacciones en el aula ha sido abordado a partir de diversas perspectivas disciplinares: psicológica, antropológica, sociológica, didáctica, lingüística, etc. Cada uno de estos puntos de vista ha otorgado diferentes sentidos al concepto interacción, lo mismo que diversidad de intereses y objetivos de investigación (De Longhi et al., 2003).

2.12.1 Perspectivas para analizar la práctica educativa

Como se ha mencionado anteriormente, este trabajo pretende analizar los procesos de enseñanza y aprendizaje que se llevan a cabo en un aula universitaria, centrándonos en los procesos didácticos (meso, topo y cronogénesis), como categorías de análisis para determinar los roles asumidos por los actores, la evolución del saber y los tiempos en los que se modifica o se da una progresión de ese saber. Todo ello como respuesta a la elaboración de un sistema común de significados entre profesor y estudiantes en el aula de clase. Para este último propósito nos hemos apoyado en el análisis de la interacción discursiva ya que el discurso es

un medio privilegiado para estudiar los procesos de comunicación donde se negocian y se construyen los conocimientos.

El estudio de las prácticas discursivas en el aula se considera teniendo en cuenta el aprendizaje como un proceso *constructivo, social y comunicativo*. Por tanto, se comparte a grandes rasgos, la concepción del desarrollo y el aprendizaje humanos propia de las perspectivas constructivistas (Coll, 1985, 1996; Cubero, 2005; Delval, 1997; Rodrigo & Cubero, 1998) y la psicología histórico cultural (Bruner, 1996; Cole, 1996; M. Cubero, 1999; Cubero, 2005; Rogoff, 1990; Vygotski, 1978, 1977; Wertsch, 1985, 1991, 2000).

La aproximación *constructiva y social* que se adopta en este trabajo se sostiene en la idea de que conocer es una acción o un proceso de construcción situada y social. Las personas interpretamos nuestra experiencia en función de nuestros propios conocimientos, habilidades, actitudes e intereses. Esta construcción personal se realiza a través de las experiencias de aprendizaje, que, a su vez, tienen un carácter social y compartido, es decir, cultural. Lo que posibilita que la experiencia sea interpretable, y que las personas se apropien de unos determinados contenidos, es precisamente el establecimiento de relaciones entre lo que se conoce y las nuevas experiencias. Así, el individuo no es un agente receptor, sino una entidad que media en la selección, la evaluación y la interpretación de la información, y que dota de significado a su experiencia.

En estrecha relación con lo anterior, se puede señalar que un elemento fundamental para entender esta perspectiva de análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula es una determinada concepción del *lenguaje* y del *discurso*. Para Cubero e Ignacio (2011) el discurso no es una vía por la que se transmiten mensajes, sino una actividad en la que se genera el significado. Visto así, esta perspectiva apoya lo dicho por Wertsch (2002) sobre la importancia de la dimensión semiótica de la clase y la consideración de este espacio como un escenario para la construcción conjunta y la negociación de significados.

El discurso en general, y el discurso educativo específicamente, no es una simple representación del pensamiento en el lenguaje, sino que ha de ser tratado como un modo social de pensar (Mercer, 1996). El discurso educativo es el responsable no sólo de la construcción del conocimiento en el aula, sino también de la propia realidad del aula. Es así

como los trabajos sobre la naturaleza y las funciones del discurso realizados desde la orientación denominada análisis del discurso han sido de gran apoyo en esta investigación y a ellos se debe una parte de la orientación teórica sobre la comprensión de los diálogos generados en las clases. De acuerdo a esta perspectiva, la realidad se construye a medida que las personas hablan o escriben sobre el mundo, y se introducen en las prácticas cotidianas, precisamente, por medio de categorías y descripciones (Potter, 1996). Los miembros de una comunidad de discurso definen la naturaleza y la verdad de los hechos con una manera particular de hablar sobre ellos. El acuerdo de la comunidad sobre esa forma de referirse y hablar de las experiencias, el comportamiento y los objetos, en un universo de lenguaje, constituye la realidad y los significados que se construyen dentro de esa comunidad (Wertsch, 1988).

Otro elemento a considerar aquí, es la cualidad del contexto en relación con la construcción de significados en el aula, ya que el conocimiento depende de un contexto de construcción, es decir el conocimiento y el significado tienen, un carácter situado (Edwards, 1996; Wells, 1996). Es evidente que para esta posición teórica, el significado está estrechamente conectado con las circunstancias socio-históricas y con los contextos institucionales, pero, sobre todo, con las circunstancias particulares de una interacción. Comprender el significado implica, por tanto, interpretar la interacción tomando en cuenta los detalles de su producción (Edwards & Potter, 1992) y su organización secuencial (Edwards, 1997), de modo que sea posible analizar cómo una expresión ha sido pensada, para llevar a cabo una acción singular dentro del discurso.

En suma, los elementos del análisis del discurso nos permiten acercarnos al aula, con el fin de comprender los procesos que en ella se dan. Desde la perspectiva constructivista, el aprendizaje se entiende como un proceso en el que la persona adquiere conocimientos a partir de las relaciones que establece entre los significados o ideas de las que dispone, y los nuevos contenidos con los que se encuentra en su participación activa en distintos contextos (Ausubel, 1963; R. Cubero, 1989; Wells, 1999, 2002). De estas afirmaciones se derivan dos ideas: en primer lugar el papel que juegan las concepciones de los estudiantes en la construcción de los nuevos conocimientos, y la dependencia de estos nuevos conocimientos o significados, del contexto en el que se construyen. Es por ello que en el siguiente apartado

se hace un breve resumen sobre aquello a lo que nos referimos como concepciones previas o alternativas de los estudiantes.

2.12.2 Las ideas alternativas de los alumnos⁶

Las personas interpretamos la realidad que nos rodea a partir de nuestros propios sistemas de conocimientos. A través de las interacciones en ciertos contextos sociales, los individuos van adquiriendo conocimiento sobre el mundo y sobre los diversos aspectos del mismo. En este sentido se puede afirmar que cuando se aprende no se hace desde cero. En el campo de la educación estas ideas y creencias de los alumnos han sido ampliamente estudiadas. Muchas son las denominaciones que han recibido esas ideas, entre ellas: concepciones previas, representaciones del alumno, ideas previas, preconceptos, ideas alternativas etc.

Varios estudios revelan entre otros aspectos que las ideas que los alumnos construyen dentro y fuera de la escuela, no siempre son coincidentes y/o coherentes con los modelos y concepciones que la escuela quiere enseñar (Cubero, 1989, 1996; Delval, 1983; Rodrigo, 1994). De ahí la importancia de contar con las nociones y concepciones de los alumnos ya que estas son las que usan como marcos de referencia para comprender, interpretar y afianzar nuevos aprendizajes. De acuerdo a Prados (2009), es precisamente a través de la ampliación, modificación y/o reorganización de estas ideas como se construyen los nuevos contenidos y se produce un aprendizaje significativo.

Ahora bien, para que los alumnos construyan nuevos conocimientos es necesario que sean conscientes de sus propias ideas, lo cual a veces solo ocurre si se les pide que las expliciten; pero en ocasiones las ideas de los estudiantes pueden ser distintas a las del profesor u otros compañeros de clase, lo cual hace que entren en conflicto. Autores como Piaget (1978, 1983), Doise, Mugny, y Perret-Clermont, (1975), han desarrollado sus investigaciones en este ámbito, aportando importante información sobre la relevancia del conflicto cognitivo o sociocognitivo. Algunos de estos trabajos se centran en los análisis de las circunstancias que hacen posible el cambio conceptual, gracias a las disyuntivas que se producen al entrar en

⁶ Nos referimos a los alumnos en el sentido de que la mayor parte de la literatura consultada lo expresa así, pero en este trabajo hacemos uso de la palabra estudiantes, ya que en nuestro contexto es más común darle la denominación de “estudiante (s)” a quienes asisten a aprender a un aula universitaria. Además la idea es no generar discrepancias del título con el contenido siguiente.

contradicción las ideas o creencias de los estudiantes, y que por lo tanto ayudan a explicar la construcción de nuevos significados. A continuación se explicitará sobre qué concepción del significado en el proceso enseñanza y aprendizaje, es tomada en cuenta en este trabajo.

2.12.3 La construcción conjunta de significados

De acuerdo a Coll y Onrubia (1995) y Mercer (1995), los procesos de enseñanza y aprendizaje que se dan en el aula son vistos como una construcción progresiva de sistemas de significados compartidos por los participantes con relación a los contenidos del currículo escolar, en donde el discurso es tomado en cuenta como parte integrante de la actividad conjunta en que se implican profesor y alumnos, además es uno de los instrumentos fundamentales que permiten negociar, contrastar, modificar y compartir de manera progresiva tales significados. Según Prados (2009), cualquier aula se constituye en un escenario privilegiado para la creación y el encuentro de significados, en donde los significados no son algo preexistente o establecido sino que se construyen en cada interacción, es decir en el propio proceso comunicativo. Es por ello que se dice que el significado se negocia, para destacar el papel que cumplen todos los interlocutores en su creación.

Las expresiones toman significado en el contexto en el que se producen y por las personas que las emiten y que las reciben. Es decir, los enunciados no tienen significado en sí mismos, sino que únicamente tienen significado en el contexto del diálogo en el que están interactuando diferentes voces y diferentes perspectivas (Bakhtin, 1986, 1995). Se puede decir por tanto que el significado solo existe en un espacio de intersubjetividad compartida entre el sujeto y otros. El término intersubjetividad fue propuesto inicialmente por Rommetveit (1974, 1979) y desarrollado posteriormente por autores como Wertsch et al. (1984); Wertsch (1979, 2000). En palabras del autor: la comunicación trasciende los mundos privados de los participantes y establece lo que se puede llamar “estados de intersubjetividad” (1979, p. 94). Continuando con Wertsch et al. (1984) y Wertsch (1979), el mutuo acuerdo que ha de producirse en las interacciones sociales depende en gran medida de que los participantes compartan una cierta representación de la situación, esto es, una misma definición de la situación.

Desde la Psicología Discursiva se ha trabajado empíricamente esta noción de intersubjetividad (Edwards & Potter, 1992; Edwards, 1997). Estos autores analizan el propio proceso de significados compartidos a través del proceso de creación de intersubjetividad ya que comprender el significado implica interpretar la interacción tomando en cuenta los detalles de su producción y su organización secuencial.

Así cuando dos o más personas conversan, poco a poco se van negociando los significados sobre lo que hablan creándose un conocimiento común que Edwards y Mercer (1988) han denominado contexto mental compartido, que se refiere al conjunto de expectativas, afectos, emociones, motivaciones, intereses, representaciones, etc., construidas por los participantes y compartidas en mayor o menor grado por ellos. De este modo, el desarrollo de las actividades que ocurren en el aula, puede considerarse como un proceso en el que se van creando y desarrollando contextos mentales compartidos con altos niveles de intersubjetividad o significados compartidos. Lo anterior sugiere la conveniencia de hablar de términos de *co-construcción* del conocimiento en el proceso de enseñanza y aprendizaje y abandonar la perspectiva individualista para entender el proceso de construcción del conocimiento que tiene lugar en el aula (Prados, 2009).

Visto así, la enseñanza y el aprendizaje es un proceso de co-construcción en tanto que se realiza de una forma personal y social, teniendo como punto de partida las ideas, creencias o conocimientos que tengan los alumnos y como punto de llegada en un momento dado, la síntesis que cada estudiante realiza entre lo que cree y lo que se ha hablado en la clase (Ignacio, 2005). De acuerdo a esto, el aprendizaje es un proceso de construcción porque los nuevos contenidos se asimilan a la estructura de conocimientos de la persona, formándose unas comprensiones personales de las interpretaciones de las experiencias acordadas colectivamente desde una cultura (Valsiner, 1988, 1996). Según este mismo autor, la co-construcción no significa más que recalcar que el desarrollo humano es una construcción conjunta en donde el sujeto no es más que el vórtice del triángulo sujeto, objeto, otro sujeto, en donde la construcción del significado pasa por situar los hechos en los contextos culturales de la realidad. Esto quiere decir que los significados están en la mente pero su origen se sitúa en la cultura, lo cual asegura su negociación y en último término la comunicación. Desde

esta perspectiva, el conocimiento y la comunicación son dos procesos inseparables con un funcionamiento interdependiente.

Ahora bien en el aula no solo se habla de realidades lejanas y desconocidas, sino que estas a veces no son tangibles ni manipulables. Es por ello que se puede decir que la realidad con la que se trabaja no es directa, o existe por sí sola, sino que es creada a través de sistemas simbólicos como el lenguaje. Este rasgo caracteriza al discurso escolar, lo hace distinto y apoya la pertinencia de considerar el aprendizaje como un proceso comunicativo o discursivo en el aula (Cubero et al., 2008; Prados & Cubero, 2016). En cada escenario de actividad se aprende un determinado modo de discurso; o lo que es lo mismo, el dominio de los instrumentos que en dicho escenario se consideran más adecuados para mediar nuestras acciones mentales (Cubero & Sánchez, 2002).

2.12.4 Hablar el lenguaje de la ciencia en el aula

Como ya se sugirió, la clase entendida como un escenario cultural, también privilegia determinados géneros discursivos que le son propios y que los niños aprenden, al igual que en otros escenarios participando de los mismos (Hicks, 1995, 2003). En este sentido, la mayoría de las propuestas constructivistas sociales conciben el aprendizaje escolar como la socialización de los estudiantes en formas de habla y modos de discurso que son específicos de estos contextos situados cultural e históricamente. En textos como los de Bruner (1988, 1998), Edwards (1990b), Lemke, (1997), Wells (1999, 2003) o Wertsch (1988), por ejemplo, se encuentra que el aprendizaje puede considerarse como un proceso de “socialización de nuevos modos de discurso” o dicho de otro modo, de adquisición de nuevas formas de comprender y explicar la realidad. Por tanto se puede afirmar que aprender los conocimientos de cada materia, es aprender a emplear los modos de discurso apropiados para dicha disciplina.

De lo anterior se deriva como objetivo de la educación, el promover el aprendizaje de nuevos modos de discursos más próximos a aquellos que se usan en las disciplinas escolares (discurso científico escolar), gracias a las intervenciones de los docentes como responsables del acercamiento de los alumnos a la ciencia (Cubero et al., 2008). Ahora bien, este aprendizaje de nuevos modos de discurso va más allá de aprender un conjunto de nuevas

formas lingüísticas asociadas a una disciplina. A este respecto Sánchez y Leal (2001) se refieren a dos niveles de comprensión en los alumnos. Un primer nivel de comprensión, que se correspondería con que los alumnos sean capaces de entender lo que se les dice o el discurso de una disciplina, lo que se evidencia en que pueden resumir la información y recordarla. Y un segundo nivel de comprensión que supone que los alumnos entiendan el mundo operando con las palabras de la disciplina en cuestión, es decir, pensar sobre el mundo e interpretar nuevos fenómenos con esas palabras.

En el ámbito de la educación universitaria que es la que nos ocupa, Northedge (2002), en sus trabajos sobre la construcción de significados en este nivel, apoya así mismo la idea de que aprender es hacerse con el discurso de una comunidad. A semeja el proceso de enseñanza-aprendizaje a una excursión por el discurso especializado de una comunidad, en la que el profesor actúa como el guía de la misma. Así, los profesores para acercar a sus alumnos a los marcos de referencia de cada comunidad de los que dependen los significados han de: - Aportar a los estudiantes marcos de referencia para comprender el discurso especializado, - Planear una ruta a seguir de tal modo que los estudiantes puedan participar en debates y otras actividades que los lleven a familiarizarse con el discurso, -Entrenar al estudiante en el habla de esa comunidad; se trataría de modelar las voces de los alumnos, ayudándoles a construir sus identidades como participantes de la comunidad en cuestión.

Por otro lado Candela en uno de sus trabajos en donde se refiere a los modos de representación y los géneros usados por los profesores en las clases de ciencias, toma como referente teórico el trabajo de Kress y Osborn (1998). Entre los modos de representación que estos autores estudian está el verbal, el gráfico o las imágenes y la modelización (que es el uso de elementos físicos). En cuanto a los *géneros discursivos* el referente es el trabajo de Wells (1993, 1999), en el cual sólo se encuentra el *género de Interrogación-Respuesta-Evaluación* (IRE) y el patrón de competencia, que es asumido por Candela como *género argumentativo*. De acuerdo a Wells la estructura del discurso no se puede estudiar desvinculada de la tarea académica y de los propósitos de la misma.

2.12.4.1 Intercambio IRE: Esquema prototipo del aula de clase:

La estructura Iniciación, Respuesta y Evaluación (IRE), es conocida principalmente por los trabajos de Sinclair y Coulthard y corresponde a una forma de intercambio que se ha postulado como exclusiva del aula de clase (Sinclair & Coulthard, 1975). Estos autores muestran, en especial, cómo el orden social de una clase de enseñanza básica típica está incorporado a un orden lingüístico, una estructura de habla que representa el modo en que se lleva a cabo la educación en estos marcos. En este sentido encontraron como determinadas palabras o frases tienen interpretaciones concretas en el aula que, en muchas ocasiones se derivan de los derechos y obligaciones que tienen las distintas personas que participan en la misma. Aquí se hace evidente la relación con fenómenos de contrato didáctico.

De acuerdo a Sinclair y Coulthard dentro de una lección, la estructura de intercambio típica es la estructura IRF o IRE: (I) Inicio del profesor, normalmente una pregunta o petición de llevar a cabo una acción, (R) respuesta del alumno, (F o E) Feedback o evaluación del profesor sobre la intervención del alumno. Esta estructura se convierte para estos autores en la unidad mínima del análisis de la interacción y del discurso en el aula y a cada uno de sus elementos los llaman movimientos. Proponen así un análisis jerárquico y estructural de las lecciones con los siguientes elementos: “lección”, “transacción”, “intercambio”, “movimiento” y “acto”. Una lección consiste en una o más transacciones, que a su vez están compuestos por uno o más intercambios y así sucesivamente.

Pero en algunos trabajos se pone de manifiesto cómo la estructura IRE⁷ no describe una interacción de colaboración en el aprendizaje en el aula (Barnes, 1976; Cazden 1997; Lemke, 1990; Stubbs et al, 1979; Wells, 1993). Estos autores manifiestan que en los diálogos con la estructura IRE, el papel del alumno es pasivo y éste goza de pocas oportunidades para intervenir, pues solo debe responder. El profesor es quien decide e inicia el tema, controla la dirección en la cual se desarrollará el mismo y evalúa si las intervenciones de los alumnos son o no correctas. Esta estructura conversacional, por tanto, da al profesor un control completo. Sin embargo, autores como Candela (2000, 2001) o el mismo Wells (1996),

⁷ Cabe aclarar que esta estructura de trabajo en el aula es similar a lo que en esta investigación denominamos la dupla devolución regulación, ya que en estas dos categorías de análisis se presentan momentos en donde la profesora pregunta a los estudiantes y ellos responden (devolución), lo que implica que la profesora valida o retroalimenta sus respuestas (regulación), pero sin caer en un formato de pregunta-respuesta pasiva.

rebaten esta postura. Según Candela, el hecho de que los alumnos participen más o menos depende de la relativa dependencia entre la estructura del discurso y el contenido, pues esta autora cree que la participación de los alumnos en el proceso de construcción del conocimiento depende más del contenido del conocimiento (por ejemplo en lo familiar que resulte para los alumnos o el interés que despierte en los mismos) que de la estructura del discurso.

Por su parte Wells (1996) atribuye la participación de los alumnos a las oportunidades que se plantean para ello. Así, defiende que la confianza y la habilidad de los estudiantes en una discusión no se debe a una falta de capacidad por parte de los estudiantes, sino a una falta de oportunidades de explotar una competencia que poseen, oportunidades que vienen dadas por las actividades o tareas que se plantean en el aula. Además de acuerdo a este mismo autor, esta estructura puede cumplir distintos cometidos dentro del aula en función de la tarea, los objetivos, y otros factores que rodean las situaciones de instrucción. Es por ello que en este trabajo de tesis, se resalta también la importancia de las clases en donde el profesor motiva a los estudiantes a exponer sus ideas, a participar activamente del discurso de la clase, y a preguntar espontáneamente sobre las temáticas del curso.

2.12.4.2 Preguntas de los alumnos y construcción de conocimientos en clase

El estudio de los intercambios comunicativos entre docente y alumno constituye actualmente un campo propicio para analizar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Como señalan Coll et al. (2008), el interés por la comprensión de estos procesos comunicativos radica en analizar los modos en que los educadores logran ofrecer la ayuda, y asistencia adecuadas a los aprendices en su proceso de construcción del conocimiento.

Dentro de este campo, se encuentra un tipo de diálogo docente-alumno que enmarcan las preguntas espontáneas de los estudiantes relativas al contenido. Estas son preguntas que efectúan los alumnos de manera espontánea (sin responder de manera directa a una consigna del docente) durante clases expositivas o de exposición dialogada (Anijovich & Mora, 2010) y que ponen en evidencia la comprensión del alumno sobre el tema: ya sea porque apuntan a requerir una aclaración, profundización o ampliación del tema explicado, porque solicitan la constatación de si se está entendiendo correctamente el tema, porque indagan por la relación

de este con otro tema en particular. De acuerdo a Fairstein (2014) estas preguntas, así como el tipo particular de diálogo que generan, presentan rasgos diferenciales que las tornan interesantes objetos de análisis para comprender y estudiar la construcción de conocimientos en la interacción en clase.

Por su parte, el intercambio comunicativo que enmarca a la pregunta espontánea puede explicarse a través de la Ley de Doble Formación de los Procesos Psicológicos Superiores (Vygotski, 1979), como un proceso de construcción de un nuevo significado en el nivel interpsicológico, que es luego internalizado por el sujeto. La pregunta del alumno constituye una acción generada desde su propio marco de significaciones, que es re-significada por el docente en la interacción. Según Fairstein (2014), el docente tiene un papel privilegiado en comparación con otros actores en un diálogo ya que no solo participa de la conversación, sino que interpreta los procesos constructivos del alumno e interviene didácticamente con la intención de modificarlos en dirección a la adquisición del objeto de enseñanza.

De acuerdo con lo anterior, los diálogos generados a raíz de preguntas espontáneas de los alumnos podrían constituir buenos analizadores de la construcción de conocimientos en la interacción en clase. Cuando el profesor logra aprovechar la pregunta del alumno para apropiarse de su comprensión del contenido y ofrece una respuesta que ayuda efectivamente al alumno a reorganizarla, se podría estar en presencia de una situación de negociación de significados.

Por otro lado y regresando con la breve descripción de los géneros discursivos propuestos por Candela (2001), teniendo en cuenta que ya se habló en un primer momento del intercambio discursivo IRE, ahora se pasa a hacer referencia al segundo género discursivo descrito por esta autora como género argumentativo, y que será tenido en cuenta en la presente investigación. Para ello se hará una recopilación de los mecanismos discursivos a los que según esta autora, recurren los alumnos en sus intervenciones en el aula.

2.12.4.3 El carácter argumentativo del discurso educativo

Como se ha mencionado antes desde una perspectiva social, los procesos de educación se enmarcan dentro de procesos comunicativos, ligados al discurso de la clase. El habla tiene

siempre una organización retórica o argumentativa y, mediante ella, en la interacción, se construyen versiones diseñadas para contar como alternativas reales o potenciales (Antaki, 2005; Edwards, 2006; Potter, 2005).

Son muchos los autores que han resaltado este carácter argumentativo del discurso en el aula (Bruner, 1996, 2001; Candela, 1999a, 2005, 2013; Coll et al., 2008; Cubero et al., 2008; Prados, 2009; Sánchez et al., 2008; Wertsch, 1993) entre otros. En estos casos, la argumentación se presenta como un conjunto de enunciados secuenciales, temporalmente estructurados e histórico-culturalmente creados con la intención de ser lo suficientemente persuasivos para los otros.

Candela estudia la argumentación entre los participantes de la clase como una de las características de la construcción discursiva de la ciencia que se realiza en la interacción social entre docentes y alumnos en el aula, considerando el aula como acción situada en un contexto específico. En este contexto es importante analizar los recursos o estrategias que utilizan profesores y estudiantes universitarios para convencer a su auditorio. Así, parte del interés de este trabajo reside en describir y comprender de qué manera consiguen los participantes del aula captar la atención de los otros y/o convencerlos con sus argumentaciones (científicas).

Candela (1998) muestra en sus trabajos secuencias de interacción discursiva donde los maestros no solo piden a los alumnos que den una respuesta, sino que la justifiquen, que razonen, que den un por qué. Con estos recursos discursivos se están obteniendo tres consecuencias: los alumnos ponen, manifiestan y son conscientes de sus conocimientos, estructuran sus ideas y aprenden a ser convincentes. Esta autora además en sus investigaciones ha encontrado, que hay algunos momentos en donde los estudiantes toman el control sobre la interacción, porque ellos tienen algo que decir acerca del contenido (Candela, 1997, 2005, 2013). Es más, considera que siempre que el conocimiento resulte significativo para los alumnos, éstos pueden rebasar las expectativas del docente y alterar la dinámica de la clase, al mismo tiempo que contribuir a nuevas construcciones del conocimiento (Candela, 1991, 2006).

2.12.4.4 Estrategias argumentativas de los estudiantes

La construcción del conocimiento en el aula se define como un proceso complejo que se desarrolla tanto hacia la formación de significados compartidos, como hacia opciones explicativas alternativas que se construyen en los contextos argumentativos del aula. Ahora bien, la participación de los alumnos, no ha de entenderse sólo como la aportación de versiones alternativas, según Candela (2005), puede ser definida como una co-autoría de las prácticas que se dan en el aula. Al analizar los trabajos de esta autora, y teniendo en cuenta que define el aula como un lugar en el que se construyen versiones legitimadas del conocimiento, se han recopilado los mecanismos que se utilizan en el aula para construir versiones legítimas de los hechos. Para ello ha agrupado dichos recursos en cuatro grandes grupos (Candela, 1999a), de los cuales a continuación se mencionan algunos de ellos.

- *Recursos utilizados para buscar el consenso:* Regateo, risas y el murmullo
- *Recursos utilizados para establecer la verdad:* Recurrir a la evidencia empírica, contestar de forma impersonal, evadir las preguntas del maestro contestando con un comentario más o menos neutral que no responde a la pregunta planteada, cambiar la respuesta ante la falta de aceptación del maestro, tratar de intervenir sobreponiéndose a las preguntas del profesor, respondiendo incluso antes de que éste termine de hablar.
- *Recursos Argumentativos:* Son aquellos utilizados por los alumnos, y por supuesto por los profesores, para justificar o explicar sus puntos de vista. Candela muestra que los alumnos no solo argumentan sus puntos de vista cuando el maestro lo solicita sino que, a veces, también defienden sus versiones aunque nadie se lo haya pedido. En algunos momentos los estudiantes también hacen uso de analogías como intento de explicar un fenómeno distante o poco familiar, comparándolo con una situación similar pero conocida por los participantes, para que ellos puedan comprender y compartir la explicación.
- Respecto a *los recursos utilizados por los alumnos para sostener sus posiciones*, frente a la demanda de que las cambien, lo que resulta más interesante es el hecho de cómo los alumnos pueden modificar las relaciones de poder en el aula, influyendo sobre la dinámica de la interacción. Algunos de estos recursos según Candela son: - Argumentar a favor de sus puntos de vista, -Explicitar directamente un contenido

abiertamente distinto al solicitado, - Preguntas sobre el contenido que llevan a cambiar el tema, la complejidad de las explicaciones y la dinámica discursiva y la estructura del discurso en general.

Lo relevante de estas estrategias discursivas utilizadas por los alumnos en su discurso en el aula, no es tanto la clasificación de las mismas, sino que el papel de los alumnos en la construcción de significados compartidos es activo, y no depende exclusivamente de los intereses y propósitos de los docentes. De allí la importancia de que los estudiantes “hablen” para poder construir su conocimiento.

Finalmente para cerrar este capítulo se mencionan algunas investigaciones y autores que se han centrado en el discurso que se da en el contexto natural del aula. Para ello se realizó un análisis selectivo de aquellos trabajos más próximos a nuestros objetivos y que resultan relevantes, ya que han servido de guía y apoyo al aportar elementos para los análisis. La presentación de estos trabajos se hace teniendo en cuenta la idea central a la que apuntan.

2.12.5 Mecanismos y estrategias para guiar la construcción de conocimiento

Aquí se encuentran los trabajos que analizan la interacción educativa desde la perspectiva de la construcción social del conocimiento en el aula (Edwards & Mercer, 1988, 1989; Edwards & Middleton, 1986; Edwards, 1990a; Mercer & Edwards, 1987; Mercer, 1995). Estos autores son destacados y conocidos especialmente por sus investigaciones sobre el desarrollo del lenguaje, la memoria y la comunicación en el aula.

Para describir el uso que hacen del discurso los profesores de cara a favorecer el proceso de negociación y construcción de significados compartidos, estructurando, guiando, apoyando y evaluando el aprendizaje de sus alumnos, estos autores se apoyan en la identificación y el análisis de “mecanismos semióticos” (Wertsch, 1988) y de las “estrategias discursivas” (Mercer, 1995) a los que recurren los profesores en sus intercambios comunicativos con los alumnos.

Se pueden organizar las estrategias discursivas que se describen en los trabajos de Edwards y Mercer atendiendo a qué hacen los profesores con ellas en el intento de guiar el conocimiento de sus alumnos. De acuerdo a Mercer (1997) los profesores utilizan la

conversación para hacer tres cosas: a) obtener conocimiento relevante de los estudiantes; b) responder a lo que dicen los estudiantes; c) describir las experiencias de clase que comparten con los estudiantes. Veamos más detenidamente a que hacen referencia estas etiquetas.

a) *Obtener conocimiento relevante de los estudiantes.* Para detectar qué es lo que los estudiantes ya saben y comprenden. El profesor utiliza pistas para extraer de los alumnos información proporcionándoles evidentes claves visuales o verbales como un aporte nemotécnico, narraciones o frases hechas. También el profesor por medio de preguntas obtiene directamente información de parte de los alumnos. Podemos incluir aquí las secuencias IRE.

b) *Responder a lo que dicen los estudiantes.* Para que los estudiantes obtengan feedback de sus intervenciones y para que el profesor pueda incorporar en el flujo del discurso lo que los estudiantes dicen, y construir así significados más generales a partir de esas contribuciones, según estos autores se encuentran en el discurso de los docentes:

- Si las respuestas son concretas: confirmaciones y repeticiones que permiten llamar la atención sobre la respuesta.

- Si las repuestas son semicorrectas o incompletas: reformulaciones que ofrecen una versión revisada y ordenada de la respuesta del alumno.

- Si las respuestas son equivocadas: elaboraciones que consisten en tomar la respuesta errónea o poco comprensible de un alumno y extenderla o explicar su significado. Los profesores también rechazan las contribuciones inadecuadas o las ignoran.

c) *Describir las experiencias de clase que comparten con los estudiantes:* Los profesores, para ayudar a los alumnos a ver que las distintas actividades que hacen contribuyen a su comprensión y cómo las experiencias previas proporcionan las bases para dar sentido a las posteriores, utilizan en su discurso frases del tipo “nosotros” (p. ej.: la semana pasada aprendimos a ...). También recapitulan lo que se ha hecho en la lección o lecciones anteriores.

Otras técnicas que se describen en los trabajos de estos autores y que no son tan fácilmente enmarcadas en los tres aspectos anteriores son: afirmar algo que invite a réplicas, invitar a la

elaboración, admitir la perplejidad, animar a los alumnos a que hagan preguntas, mantener silencios en los momentos clave o ir introduciendo tecnicismos en los diálogos (Edwards & Mercer, 1988; Edwards, 1990a; Mercer, 1997). Estos autores se refieren a todos estos mecanismos o estrategias como “consejos comunicativos” (Edwards, 1990b) o “ítems prácticos” (Mercer, 1997) para los recursos lingüísticos de un profesor, los cuales pueden ayudar a guiar a sus alumnos hacia formas de discurso compartidas. Para estos autores no se trata de técnicas buenas o malas por sí mismas, sino que depende de cómo, cuándo y porque se utilizan.

2.12.6 El discurso docente para convencer y validar el conocimiento

Ahora pasamos a los trabajos desarrollados por Cros en relación con el discurso docente. Esta autora se ha acercado a las aulas universitarias con el propósito de exponer algunas de las características del discurso de los profesores en este ámbito. Partiendo de la consideración del discurso docente como un discurso argumentativo (Cros, 1995, 2000, 2002, 2003a, 2003b), analiza las estrategias utilizadas por los docentes para convencer a su auditorio, los alumnos universitarios. Es decir, esta autora está interesada en describir de qué manera consiguen los profesores captar la atención de sus alumnos o “convencerlos”.

Para Cros (1996, 2002), sea cual sea la finalidad didáctica de la clase, considera que ésta incluye una doble orientación que se manifiesta a su vez con el discurso docente. Una, claramente *explicativa*, encaminada a planificar y producir el discurso de manera que se adecue a la capacidad y la comprensión de los estudiantes; y otra, que se puede denominar *argumentativa*, que pretende favorecer en los alumnos una actitud positiva y receptiva hacia los contenidos y hacia la persona que imparte la clase, en definitiva una buena disposición para aprender.

En lo que la orientación argumentativa del discurso docente se refiere, ha encontrado dos grandes tipos de estrategias con funciones claramente distintas, unas de *distanciamiento* y otras de *aproximación*. En función de si van encaminadas a ofrecer una imagen de sí mismos que tiende a reducir la distancia social, que por definición de la institución académica les viene impuesta y que marca el carácter asimétrico de la relación profesor-alumno/s, o si van encaminadas a mantener esa distancia social. La función de las estrategias de *distanciamiento*

es mostrar la asimetría que se genera entre los docentes y los alumnos (Cros, 2000, p. 60) y se fundamentan en la autoridad de los docentes que acostumbran a articular argumentos válidos por una autoridad, por un modelo, por el razonamiento lógico de las ideas (Cros, 2002, p. 83). Las estrategias de *aproximación* regulan la interacción, difuminando la asimetría que se genera entre los docentes y los alumnos. En palabras de Cros: regulan la interacción y suelen basarse en las formas que sirven para mostrar acuerdos y cooperación, es decir, en los recursos que se utilizan para reforzar la sensación de que los interlocutores pertenecen a un mismo grupo social (Cros, 2002, p. 84).

A continuación se describe brevemente las estrategias discursivas utilizadas por los docentes:

- *Las estrategias basadas en el argumento de autoridad* buscan que se admita una tesis poniéndola para ello en relación con su autor. Según Cros, la eficacia de estas estrategias dependerá de la aceptación por parte del auditorio de la autoridad de la voz invocada que puede ser una autoridad ajena a la clase, como algún científico o autor relevante en la materia en cuestión o la autoridad del propio profesor.
- *Las estrategias basadas en el argumento del modelo* son aquellas utilizadas por los docentes con la intención de influir en las actitudes de los destinatarios, normalmente haciendo referencia explícita o implícita a un modelo (p. ej.: *La mayor parte de la información que pasareis a los niños será a través de la voz, por lo tanto es importante que tengáis una buena voz*) (Cros, 2003a; p. 95).
- *Las estrategias basadas en el argumento de poder* consisten en órdenes explícitas o implícitas que suelen ir acompañadas de expresiones atenuadoras, ejemplos o razonamientos, etc., (p. ej.: *en clase no tomareis apuntes sino que escuchareis, porque si tomáis apuntes no me escucháis*).
- *Las estrategias basadas en la solidaridad* apelan al terreno común, reforzando la sensación de que los interlocutores pertenecen a un mismo grupo (p.ej.: *como vosotros sabéis, ya hemos hablado,...*) o la oferta de opciones (p.ej.: *si queréis, prefiero que lo decidais vosotros, haced lo que os parezca mejor,...*).
- Finalmente, están las *estrategias basadas en la complicidad* en las que se distingue la ironía, utilizada por los docentes buscando establecer una complicidad con sus alumnos que genere buenas actitudes y buenas expectativas (p. ej.: *estos libros no recomendaría*

nunca que los robaseis. Pero, por los demás, haced lo que queráis: que os los dejen, que los compréis...”),

Mediante el uso de estas estrategias en el discurso de los docentes, teniendo en cuenta la habilidad y la experiencia del profesor, la actitud de los participantes y las circunstancias del contexto, los profesores consiguen un equilibrio entre la autoridad y la empatía, lo cual supone, según lo estudiado por Cros y sus colaboradores, una de las claves indispensables del éxito docente (Castellá, Comelles, Cros, & Vilá, 2006; Cros, 2003b).

2.12.7 Estrategias discursivas y mecanismos semióticos para la validación del conocimiento y la creación de la intersubjetividad en el aula

Cubero y su grupo de investigación tienen interés en analizar los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva de la construcción conjunta de significados en el nivel de enseñanza universitaria, centrándose en el análisis del discurso educativo, dispositivos, estrategias y recursos semióticos que utilizan los profesores y los estudiantes en estas aulas (Cubero, M et al., 2004). Estos autores se centran en dos dimensiones sobre la construcción del conocimiento; por un lado, se han interesado en la creación y el mantenimiento de la intersubjetividad tratando de responder a ¿Cómo se construye la intersubjetividad en las aulas universitarias? ¿Cómo se desarrolla y se asegura la continuidad en estas aulas? ¿Cómo los malentendidos son resueltos en la continuidad? Por otro lado, se han centrado en el estudio de la validación del conocimiento académico, formulándose las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo es validado el conocimiento académico?, ¿Cómo son establecidas las fuentes de validación del conocimiento científico en las aulas?

En este grupo de investigación el análisis de las transcripciones de las unidades didácticas grabadas en audio y video, lo llevan a cabo de acuerdo con los elementos conceptuales y metodológicos procedentes de la psicología discursiva, la orientación constructivista, la teoría sociocultural y la etnografía en el aula. Con estos análisis pretenden mostrar el uso que distintos profesores hacen de ciertos recursos semióticos. En la siguiente tabla se recogen los resultados más relevantes presentados por este grupo al respecto, los cuales pueden consultarse en Cubero et al. (2002, 2003, 2004a, 2004b), Cubero M et al. (2004), Prados y Cubero (2013, 2016, 2005, 2007).

Mecanismos y dispositivos para	
La creación de intersubjetividad	La validación del conocimiento científico
<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de formas plurales 2. Uso de paráfrasis 3. Repetición 4. Preguntas de continuación 5. Preguntas en segunda persona 6. Recapitulación 7. Preguntas de tres términos 8. Invocación a la experiencia del grupo aula 9. Estilo directo 10. Uso de genéricos 11. Sugerencias 12. Uso de preguntas retóricas 13. Uso de términos evaluadores 14. Elementos introductores de una contra argumentación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de verbos de estados mentales 2. Uso de verbos de obligación 3. Invocación al texto 4. Invocación a la autoridad de los especialistas/del conocimiento académico <ol style="list-style-type: none"> a. Autoridad del texto b. Autoridad del autor o colectivo profesional c. Autoridad del conocimiento formalizado 5. Invocación a la experiencia <ol style="list-style-type: none"> a. Experiencia del hablante b. Experiencia del grupo aula c. Experiencia cultural del hablante o el grupo 6. Invocación a un conocimiento formalizado. 7. Secuencia de negaciones y aseveraciones 8. Descripción naturalista 9. Elementos introductores de una contra argumentación 10. Uso de la primera persona 11. Repetición 12. Uso de términos evaluadores

Tabla 1. Mecanismos y dispositivos para la creación de la intersubjetividad y la validación del conocimiento. (Tomado de Cubero M et al. (2004) y Cubero R et al. (2004)).

El trabajo que han desarrollado los autores citados, ha permitido detectar una serie de dispositivos o mecanismos en el discurso de profesores y alumnos. Estos dispositivos han sido descritos con relación a distintos aspectos como: el carácter argumentativo del discurso, la construcción de la intersubjetividad, el desarrollo de la continuidad y la resolución de

problemas o malentendidos en el discurso educativo, la validación del conocimiento académico y el establecimiento de las fuentes de conocimiento relevantes, la búsqueda de consenso, etc.

Para cerrar este capítulo se puede decir que las distintas investigaciones descritas se han acercado al aula atendiendo al discurso del profesor, al de los estudiantes o al de uno y otros conjuntamente. Aunque sus intereses son distintos, todos ellos contribuyen a una mejor comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje, así como de la interacción y de los intercambios comunicativos que se dan en el proceso de construcción conjunta de significados en el aula. La mayoría de los trabajos descritos se centran en niveles escolares de primaria y secundaria, es el caso de los trabajos de Candela, Coll, Edwards, Lemke y Mercer, entre otros, pues a nivel universitario los estudios sobre intervención educativa son escasos. Algunos estudios, sin embargo, han comenzado a profundizar en los modos en que los profesores y estudiantes se relacionan en las aulas universitarias, aquí se pueden citar los trabajos de Cros, Rosales, Sánchez, Cubero y colaboradores, que comienzan a abrir este ámbito de estudio.

CAPÍTULO III. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este capítulo se presenta el estudio empírico seguido en esta investigación, en donde se define el paradigma de investigación, el enfoque, el dispositivo metodológico desde la clínica didáctica, los participantes y el contexto, los registros de información junto con la organización y categorización de la misma. Para este último, se atienden aspectos conceptuales que afectan la metodología, tratándose de algunas derivaciones metodológicas provenientes de la base conceptual.

3.1 Paradigma de investigación y enfoque

El presente estudio responde a una investigación de naturaleza cualitativa de corte descriptivo, orientado hacia la comprensión de fenómenos educativos y sociales (Sandín, 2003) que busca indagar, profundizar y describir a partir de una práctica de aula las acciones discursivas entre profesor y estudiantes. En esta propuesta el proceso de indagación es flexible y su propósito consiste en “reconstruir la realidad” o realidades (Martinez, 1998) que son dinámicas y se modifican conforme transcurre el estudio, por ello se dice que es una práctica investigativa naturalista e interpretativa. Asimismo, se optó por el enfoque estudio de caso, ya que implica un proceso de búsqueda que permite estudiar a profundidad y en forma detallada el caso en cuestión, hasta obtener los resultados. De acuerdo con (Stake, 1995) su propósito “no es el de representar el mundo como totalidad, sino el de representar el caso en sí” (p.245).

La selección del caso del presente estudio que representa a la profesora y su grupo, ha venido determinada por la oportunidad de aprender que el mismo nos ha brindado (Stake, 1995). Es decir, hemos seleccionado el caso que nos permitiese ilustrar el máximo posible sobre nuestro objeto de investigación (las interacciones didácticas en el aula de clase). Glaser y Strauss (1967), proponen el concepto de “muestra teórica” para referirse a esa búsqueda de personas y situaciones, que puedan ser especialmente relevantes o fructíferas para los fenómenos que interesan estudiar. Es una forma de recoger datos ricos y sugerentes del modo más puro posible y con la mínima pérdida de tiempo posible. (p.224)

El dispositivo metodológico de esta investigación es La Clínica Didáctica, que han venido desarrollando los grupos de Semiótica – Educación – Desarrollo (SED – Universidad de Ginebra) y GECEM de la Universidad de Antioquia, basada en métodos que se complementan entre sí para obtener “un cuadro clínico” de las situaciones reales de enseñanza y aprendizaje. La unidad básica de observación es la evolución de las relaciones al interior de la terna docente – medio didáctico – alumno/s a lo largo de una secuencia didáctica. Esta propuesta se sustenta principalmente en la perspectiva socio-constructivista propuesta por Vygotski, la cual parte de la noción de aprendizaje como un proceso social activo que se desencadena por la interacción dinámica entre docente, estudiantes y la tarea a desarrollar; en esta construcción del aprendizaje intervienen tanto componentes y factores individuales como sociales, relacionados con el contexto físico y cultural en que se desarrolla. Es importante resaltar que la clínica didáctica se inspira fuertemente en la investigación etnográfica con la cual comparte un interés por la observación, descripción, y comprensión de las situaciones didácticas reales, con el fin de describir y comprender sus lógicas endógenas de funcionamiento (Rickenmann, 2012).

3.2. Clínica Didáctica, historia y características

La clínica didáctica se origina esencialmente en la escuela francófona, hacia principios de la década de los 80. La historia reciente de este paradigma investigativo, contrasta con el vigor de la producción científica en el campo de las didácticas de las disciplinas escolares, dentro de la cual se destacan particularmente los trabajos en didáctica de las matemáticas (Chevallard, Brousseau), de la lengua (Bronckart & Schneuwly, Dolz) y de las ciencias (Vergnaud, Martinand).

El proyecto epistemológico específico de una clínica didáctica aparece muy tempranamente en los textos propuestos por Chevallard (1982) sobre didáctica de las matemáticas, en los que este investigador analiza la necesidad de adoptar una postura de investigación –acción para las didácticas de las disciplinas e indica la pertinencia de inspirarse en los esquemas clínicos desarrollados en otras áreas de las ciencias humanas. Subraya Chevallard que la gran ventaja e interés de la investigación clínica es la particular articulación que produce entre a) el proyecto de elaboración de un corpus teórico basado en procesos y métodos científicos y b)

los efectos prácticos del mismo en el ejercicio profesional del área (citado en Rickenmann, 2012).

Es así como se plantea la idea de inspirarse en el modelo epistemológico y metodológico de “hacer ciencia” de la clínica médica, desarrollado y generalizado en la formación de los galenos a partir del siglo XVIII (Foucault, 1966). El proyecto propuesto por Chevallard, una “clínica para el docente”, hace una analogía con el funcionamiento del cuerpo médico, en la que un gran número de profesionales, participan activamente en el desarrollo del saber a partir de un trabajo de acopio, sistematización y socialización de los datos clínicos que emergen de la práctica misma, donde los observables evidencian síntomas que se organizan en referencia a un cuadro clínico que constituye un modelo explicativo-predictivo sobre el cual se produce un diagnóstico (Leutenegger, 2009).

Desde este punto de vista, se puede identificar de manera clara las dos principales características de la investigación clínica didáctica. Como en la investigación etnológica, de la que también se inspira fuertemente, la primera característica es que está definitivamente volcada hacia la observación, descripción y comprensión de las situaciones didácticas reales, es decir, tal y como se dan en el ámbito natural de la escuela, con el fin de describir y comprender sus lógicas endógenas de funcionamiento (Friedberg, 1997). Pero, en contraposición con la gran mayoría de investigaciones del paradigma etnometodológico, el estudio clínico de las situaciones auténticas no pretende que las lógicas de organización y de sentido de la realidad surjan de manera inmediata y transparente para el investigador/observador. Por el contrario, la observación está instrumentada por un cuestionamiento a priori del carácter epistemológico de los saberes en juego y de las prácticas o usos que de ellos se desprenden. Es en el marco de esta lectura pragmática del saber que Brousseau, en el marco de la didáctica de las matemáticas, sostiene el programa investigativo de identificar “situaciones fundamentales” ligadas a los saberes matemáticos. No se trata pues de una lectura de la “praxis” desnuda e inmediata, sino de una mirada epistemológica que modeliza discursivamente las prácticas relativas a un saber.

Por ello, una segunda característica de la investigación clínica didáctica es la de orientar la mirada observadora a partir de modelos teóricos que permiten discriminar y organizar lo observado. Como en el marco de las prácticas clínicas médicas, los observables devienen

síntomas y se organizan en referencia a un cuadro clínico que constituye un modelo explicativo-predictivo sobre el cual se apoya el observador para producir su diagnóstico. Al mismo tiempo, y en ello radica la fuerza epistemológica de la metodología investigativa desarrollada desde la clínica, los diferentes diagnósticos sometidos no solamente a los procesos de validación científica, igualmente a la realidad misma de lo observado, conducen a re-interrogar y a ajustar constantemente estos modelos teóricos. Se trata así de un vaivén dialéctico entre los procesos de teorización, los procesos de ajuste metodológico y la evolución misma, histórico-culturalmente dinámica, de las realidades escolares estudiadas. En este sentido, los observables no son pertinentes sino en función de las preguntas de investigación que apuntan a su vez a la teoría que sirve de marco a partir del cual éstas se formulan (Rickenmann, 2012).

Así mismo en la investigación en clínica didáctica se adopta, una perspectiva de ingeniería didáctica (Brousseau, 1986, 1998), que supone ciertamente efectos (indirectos) de modificación de las prácticas didácticas de los docentes participantes (y por lo tanto, también en sus alumnos), pero no se focaliza en el producto de la innovación sino en describir los fenómenos didácticos que se generan.

A continuación en la figura 6, se sintetiza el proceso metodológico que se construyó para esta investigación. Aunque en algunos momentos el informe puede dar la sensación de que se siguió una secuencia de pasos lineales, realmente como toda investigación cualitativa fue un constante “ir y venir”, desde la experiencia personal hacia la literatura, desde los antecedentes hacia el diseño de instrumentos, desde la recogida de información hacia la concreción del problema etc. Pero se puede decir que este proceso permitió recorrer y concretar los propósitos de la investigación y finalmente, tomar algunas decisiones sobre los diferentes elementos que dan cuenta y explican los modos de interactuar entre profesora (*regulación y andamiaje*) y estudiantes (*devolución y movimientos topogenéticos*) ante ciertas actividades planeadas en esta aula, y con ello, los discursos o modos de hablar que describen, regulan y justifican la co-construcción y negociación de significados en esta aula.

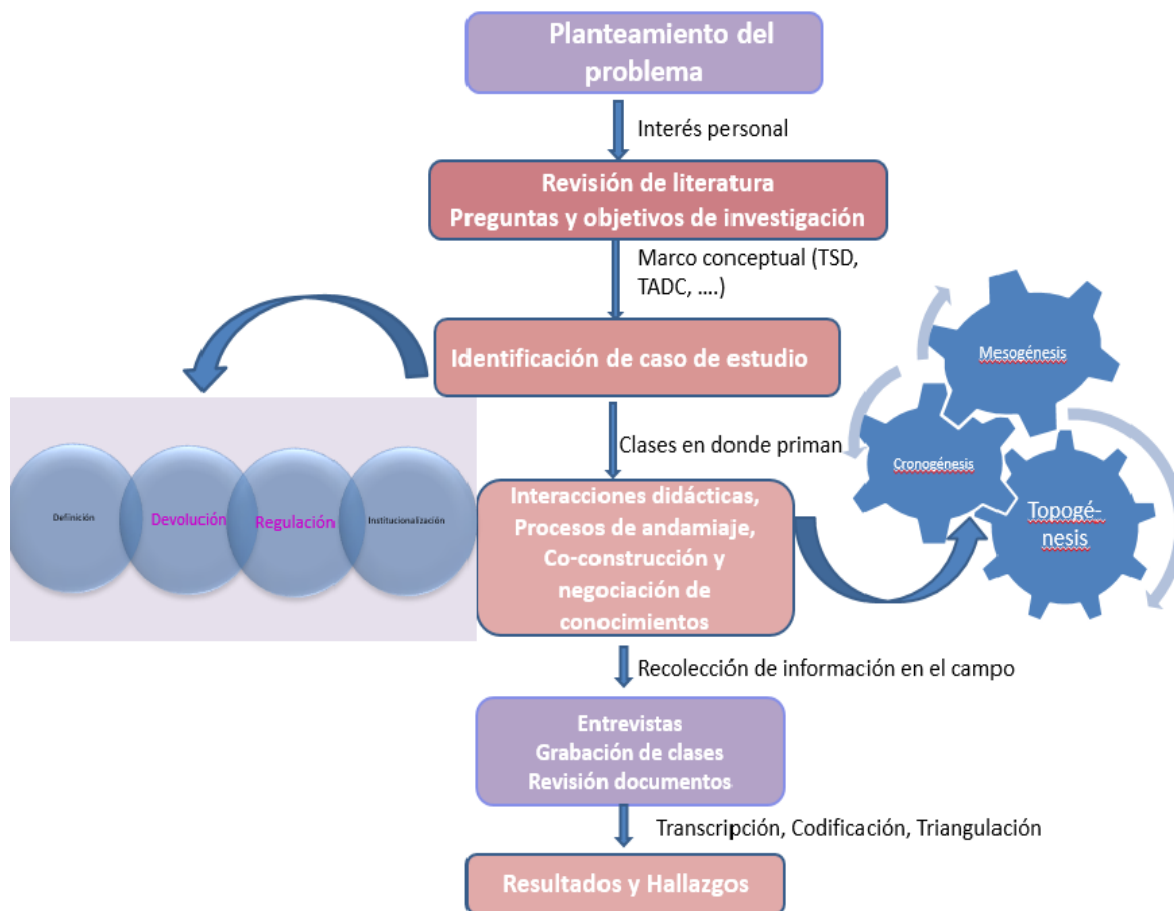


Figura 5. Síntesis del proceso metodológico de la tesis. Elaboración propia.

3.3. Participantes y contexto

En la presente investigación se estudiaron las prácticas docentes de una profesora con amplia experiencia docente y académica del área de Química de la Universidad de Antioquia. La profesora se seleccionó de un grupo de 10 profesores de tres universidades de la región. Los criterios de selección se debieron a la forma como la profesora planea y dicta sus clases, primando en ellas intercambios dialógicos con los estudiantes. Luego de ser seleccionada a la profesora se le entregó el anteproyecto de investigación en donde se encontraba resumidamente el marco teórico, los objetivos, los intereses y pretensiones de la investigación. Pero cabe resaltar que la forma de proceder de la profesora era habitual y no se modificó mucho por lo sugerido en el estudio.

La profesora participante eligió autónomamente el grupo de estudiantes donde se realizaron las grabaciones de la secuencia, y colaboró en el acceso de la investigadora al grupo explicándoles la situación y solicitándoles su aprobación verbal. Para iniciar el estudio con la profesora/participantes, se establecieron ciertos acuerdos a través de un “consentimiento del proceso” (Anexo 1). Siguiendo las recomendaciones de Bottorf (2003, p. 292), se hicieron grabaciones preliminares de sesiones de clase completas, para lograr mayor aceptación y reducir la reactividad al proceso de grabación.

El grupo participante estuvo constituido de 27 alumnos de segundo nivel universitario del programa de Química (25 estudiantes) y del programa de Tecnología Química (2 estudiantes) de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. La Universidad es una entidad pública de educación superior, a la cual acceden mayoritariamente jóvenes de estratos socioeconómicos uno, dos y tres. La composición social del grupo corresponde aproximadamente por partes iguales de esta estratificación.

El 93% del grupo posee una experiencia en aprendizaje escolar Química que se remonta a cursos de dos horas semanales (90 minutos), durante diez meses en los grados de décimo y onceavo de la educación secundaria y diez horas-semana durante cuatro meses (160 horas- semestre) en el primer semestre de química en la universidad. Las diez horas están distribuidas en dos cursos denominados “Teórico” y “Práctico”. El teórico comprende dos sesiones semana de cien minutos cada una y el práctico, dos sesiones-semana de ciento cincuenta minutos cada uno. El curso teórico “Soluciones y Estequiometría” está centrado en los temas: soluciones, gases, reacciones químicas y cálculos estequiométricos y el curso práctico “Técnicas de Laboratorio”, está dirigido a desarrollar habilidades en el manejo de instrumentos y de algunas técnica de separación de mezclas, preparación de soluciones y de medición de propiedades como la densidad, las temperaturas de fusión y ebullición y la solubilidad. Estos dos cursos son dictados por profesores diferentes y como se mencionó antes, hacen parte del plan de estudios del primer semestre.

La grabación de las clases para este estudio se realizó durante tres períodos académicos (2013-II, 2014-I y 2014-II), en el ejercicio de la realización de uno de los cursos de Química del *segundo semestre*, denominado “*Estructura y Enlace Químico*”, pero los resultados se analizaron con la información recolectada en el semestre 2014-I, con cinco sesiones de clase

del tema “estructura atómica”. Se eligió este semestre y este contenido, teniendo en cuenta la riqueza de los datos en cuanto a las acciones interactivas entre profesora y estudiantes en las clases grabadas. De los semestres 2013-II y 2014-II, solo se incluyeron dos episodios pertenecientes a cada uno de estos semestres.

La intensidad horaria del curso “Estructura y Enlace Químico”, corresponde a veinte semanas con un total de ciento dieciséis horas, distribuidas en ochenta horas-clase, dos sesiones semana de cien minutos cada una y dos horas semana de encuentro del grupo y la profesora en la figura de asesoría, dirigida a dialogar respuestas o preguntas planteadas por los participantes, aclarar conocimientos, solucionar dudas y confusiones y a realizar reconstrucción de tareas. El 93% de los alumnos participó de modo regular del total de las sesiones de clase y asesorías durante todo el semestre.

3.3.1 Perfil de la profesora

Para describir el perfil de la docente de este estudio y en vista de que hace parte del cuerpo de profesores de planta de una universidad de la región, nos inspiramos en el acuerdo superior 342 que establece los principios y los criterios generales para la selección de los profesores de la Universidad de Antioquia (Anexo 2).

En el perfil de la profesora se destacan ciertos aspectos que son deseables en la docencia universitaria y que aparecen en el acuerdo 342.

La profesora Flor María se caracteriza por ser una persona intelectual comprometida con la creación de conocimiento, es Química graduada en esta universidad, ha realizado numerosos cursos de capacitación en docencia y en su área, tiene un Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Lo anterior se puede constatar en la segunda entrevista:

Entrevista 2

P (00:59:37): Yo me gradué de química en la Universidad de Antioquia. Ya graduada del pregrado participé en varios cursos tanto de enseñanza como de química, propiamente contenidos de química de nivel de posgrado. Realicé cursos de estudios de sólidos cristalinos, de estructura de redes moleculares y difracción de rayos X, en esto trabajé

bastante. También hice dos cursos de nivel de posgrado de mecánica cuántica del átomo de hidrógeno y átomos polielectrónicos.” (Entrevista 2, p.9)

1. Es responsable de planear y supervisar el aprendizaje de sus estudiantes. Diseña el proceso de enseñanza de acuerdo a las características de los estudiantes, esto se hace evidente en la entrevista uno cuando se le pregunta:

A: ¿Cuál cree que es la esencia de una buena enseñanza?

P: ¿La esencia? Estar muy atento a los estudiantes. Estar muy atento a que saben, a que hacen y cómo lo hacen, a que actitudes tienen: si están propositivos frente al curso o no lo están. Es decir, centrarse mucho en ellos, en caracterizarlos y mirar las expectativas y los deseos que ellos tienen, y como va uno canalizando esto a través de la planeación de la enseñanza.” (Entrevista 1, p.4)

2. Articula como algo natural las tres misiones básicas de la Universidad: investigación, docencia, extensión.

A continuación se evidencia el interés de la profesora en reflexionar sobre su labor docente continuamente, combinando la docencia con la investigación al ser la directora del grupo de investigación Metodología de la Enseñanza de la Química MEQ.

Segunda entrevista:

A: (01:00:23): Profesora usted investiga o enseña.

P (01:00:25): no tanto investigar sino más de docencia, pero una docencia muy de investigación, de cómo enseñar... muy de cómo enseñar la estructura molecular y atómica. También por las circunstancias de la vida, en una época estuve muy comprometida con el desarrollo del curso de Química Cuántica I con otro profesor, trabajamos cerca de tres años el modelo cuántico del átomo y la solución del átomo de hidrógeno y de algunos iones monoeléctricos con todo su enfoque fisicomatemático, hicimos un buen trabajo. Con el mismo profesor trabajamos también, durante varios semestres, los sólidos cristalinos, armar moléculas en red y varios aspectos de la química inorgánica... Pero simultáneamente yo iba a cursos de enseñanza, tanto regionales como nacionales. Claro que en esa época se

enfaticaba el conductismo, esta era una concepción dominante... fui a Cali, Bucaramanga, Bogotá, a varios encuentros organizados por la Universidad Pedagógica Nacional, allá en la época de los... finalizando los ochentas, noventas participé en varios eventos organizados por la Pedagógica Nacional sobre formación de profesores y enseñanza de las ciencias, igualmente en varios de los cursos y talleres programados por el programa de formación pedagógica de la Vicerrectoría de Docencia en los últimos diez años. Entonces yo he hecho estas dos cuestiones y progresé al cambio conceptual, al aprendizaje significativo, a los campos conceptuales y al compromiso con Vygotski... (Entrevista 2, p. 9)

La profesora también reflexiona constantemente su práctica docente:

P (01:14:48): Yo escribo mucho de lo que pasa en clase, por ejemplo tengo cuadernos con anotaciones de lo que pasa en clase, los llamo diarios, de allí escribo artículos. De esta información parto para reescribir el texto que entrego a los estudiantes, allí es donde me imagino “no, a estos estudiantes les interesa es el estudio de otro modo, entonces cambio” y voy así escribiendo... La dificultad es que uno es muy sólo en esto porque aquí en general los profesores no tienen la docencia como núcleo fuerte, parece ser que lo más importante es investigar, publicar artículos y ganar puntos.” (Entrevista 2 p. 13)

Además la profesora realiza cursos de extensión a través del semillero de Química Básica Conceptual con el fin de lograr un acercamiento a la formación e iniciación de estudiantes de Educación Básica y Media en el área de la Química.

3. La profesora construye formas de racionalidad. “Apela al diálogo como su elemento natural. Conversa inteligentemente y supone persuadir con razones. El auténtico profesor no utiliza la metáfora, tan en boga, de que las palabras son armas. La mencionada racionalidad tiene un signo distintivo inconfundible: supone que el que habla primero es el otro, y que éste tiene de entrada el uso razonado de la palabra” (Acuerdo 342, año 2007 pág. 3)

Las clases de la profesora se caracterizan por dinámicas de trabajo en donde priman los diálogos y la participación activa de los estudiantes alrededor de las temáticas trabajadas, esto se evidencia a lo largo de toda la investigación.

A: (12:03): *¿Qué papel cree que juega el lenguaje, el discurso, las interacciones discursivas en el aprendizaje?*

P: *Eso para mí si es muy importante... Sin la interacción discursiva eso es dejar a los estudiantes solos en lo que perciben, casi que la vista de modo predominante. Y lo que percibe la vista, lo perciben muy en el mundo cotidiano, porque el mundo cotidiano da demasiadas experiencias, y con las mismas experiencias de la vida cotidiana la gente arma conocimiento pero ese no es un conocimiento que le exija muchos conceptos, puede tener conceptos intuitivamente pero no le exigen explicitar conceptos. En cambio ya la universidad le exige que explicita los conceptos, que dé explicaciones o los argumentos que tenga para posicionarse frente a algo, y eso todo es discursivo, todo es discursivo y sobretodo porque aquí en química y en ciencias y en cualquier otra disciplina no solamente el discurso es el lenguaje nuestro, el español, sino que les exige que tengan el lenguaje de la química. La química tiene un lenguaje realmente con muchos signos, muchos símbolos, palabras... y entonces hay que usarlos, expresarse con ellos y tampoco eso está muy presente y muy consciente. Entonces de ahí que el discurso sea una herramienta fundamental dado que el discurso se puede acompañar de otras herramientas como imágenes, con acciones, con gestos. De todas maneras la universidad les exige, tienen que presentar resultados ya sea en exámenes, en trabajos, en exposiciones... y eso todo se presenta discursivamente. (Entrevista 1, p.4)*

5. Ser interdisciplinario y alimentar el diálogo natural entre las disciplinas. La profesora conoce y maneja diversas áreas de su disciplina por la variedad de cursos impartidos a lo largo de su carrera, algunos de ellos son: Química General, Estructura y Enlace Químico, Soluciones y Estequiometría, Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Cuántica I y Didáctica de la Química entre otras. Además se ha interesado por otras disciplinas como son las humanidades (Educación, Didáctica, Filosofía, Artes, Tecnología, etc.).

6. La profesora integra de manera dinámica lo teórico y lo práctico. Su enseñanza es viva, no libresca. En sus clases se realizan experimentos, demostraciones, simulaciones que enriquecen y complementan el entramado teórico de su área. No está de acuerdo con la enseñanza pegada a un texto guía y lo aplica en sus clases. La profesora habla de una de sus experiencias como estudiante en el pregrado.

P (01:05:55): Yo cuando entré a la universidad casi me voy, estaba muy aburrida porque los profesores escribían en el tablero el libro... no...

P (01:06:08): Yo no sé cómo no me fui, casi me voy. Solamente pensando “yo me voy de aquí y ¿Qué hago? Me voy para otra carrera y seguramente lo mismo: el profesor copiando en el tablero el libro, preguntando lo mismo... yo me aburrí mucho con este estilo. (Entrevista 2, p.11)

7. Está convencida de que todo conocimiento hace parte de la esencia de la humanidad. “Ello conduce a una formación que activa la diversidad en donde se es consciente de que debe enseñarse a todos, sabiendo que nadie es igual a nadie. Enseña lo diverso a comunidades diversas”.

P: Como... es otra era, es otra manera de que nosotros los profesores pensemos la universidad y en particular la pública de modo diferente, muy comprometidos con la diversidad, con la complejidad, con el reconocimiento de que los estudiantes son seres humanos diversos y que con esa diversidad debemos organizar la enseñanza. (Entrevista 2, p.13)

8. Ser autónomo y participativo: “El profesor universitario ejerce con rigor y responsabilidad su libertad de cátedra, de opinión, de producción de pensamiento, con un sentido de integración a los procesos colectivos, decidido a participar en la construcción del proyecto universitario”.

La profesora maneja un trato de respeto y equidad con sus estudiantes. En el siguiente apartado se dan evidencias de esto.

P (01:13:14): Pienso de la docencia que la debemos cambiar radicalmente. Ahora estoy participando de un diplomado, de los diplomados de Vicerrectoría de Docencia, nombrado “Acompañamiento estudiantil para la permanencia con equidad”, haciendo este diplomado estoy feliz. Primero, porque están presentando otro modo de pensar la universidad. Como... es otra era, es otra manera de cómo los profesores debemos pensar la universidad y en particular la pública, pensar de modo diferente, muy comprometidos con la diversidad, con la complejidad, con el reconocimiento de los estudiantes como seres humanos diversos y con

esa diversidad organizar la enseñanza. Yo estoy muy contenta porque me parece que aporta de modo muy interesante a orientar el quehacer docente, al enfoque sociocultural y de territorio, pero la mayoría no está en esta onda, pero bueno. En este diplomado, es compromiso presentar un trabajo o iniciativa para lograr el certificado.” (Entrevista 2, p.12-13).

Para resumir lo anterior se puede decir que:

La profesora Flor María es Química de la Universidad de Antioquia, con más de treinta años de experiencia en la docencia, en los cuales se ha desempeñado como profesora en diferentes cursos del área. Tiene un Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Es una profesora dinámica y creativa, comprometida con el aprendizaje y progreso de los estudiantes, logra que sus estudiantes participen activamente de las clases. Conoce su materia, y cómo enseñarla, es responsable de planear y supervisar el aprendizaje de sus estudiantes, piensa frecuentemente sobre su práctica docente y aprende de su experiencia, se capacita constantemente, es miembro de una comunidad de aprendizaje. Es coordinadora del grupo de investigación: Metodología de la Enseñanza de la Química MEQ, participa en actividades de formación de maestros a nivel de básica y media, ha sido coordinadora del comité de transformación curricular de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales y del comité de capacitación de la misma facultad.

Continuamos con los instrumentos y métodos de recolección de información usados en esta investigación:

3.4 Los métodos de la clínica didáctica

Según Rickenmann (2012), la clínica didáctica consiste más en una postura y cuestionamiento metodológicos que en un único método de investigación específico. En este sentido, es un proyecto de producción epistemológica de un campo de saberes científicos: las didácticas de las disciplinas escolares. Este campo se ha basado históricamente en la puesta en práctica recurrente de una serie de métodos, cuyo número y variedad han ido ajustándose a las necesidades específicas de cada investigación y a los contextos particulares de su elaboración y desarrollo. Sin embargo, el núcleo estructurador de esta postura metodológica es la observación conceptualmente instrumentada de prácticas escolares reales.

Dentro de los métodos que se usaron en esta propuesta se incluye principalmente la videoscopía y sus métodos de transcripción escrita para hacer el análisis de las actividades didácticas propuestas en el aula, y con ello la sinopsis de cada una de las clases, las cuales contienen los segmentos relevantes para la investigación; así mismo se realizaron entrevistas a la profesora de este estudio. Estos observables clínicos y los métodos para su obtención son definidos a continuación.

3.4.1 Dispositivo técnico: videoscopía y audioscopía

El método central en este estudio para la recopilación de la información fue la videoscopía, la cual nos permitió observar los eventos de enseñanza de nuestro interés como son las posturas del profesor y los estudiantes y las interacciones que se dan entre estos, al interior de la clase. Para ello se usaron dos cámaras de video y cinco grabadoras pequeñas de audio. Una de las cámaras—denominada cámara testigo (CT)— se situó sobre un trípode cubriendo el mayor espacio posible del aula. La segunda cámara —denominada generalmente cámara móvil (CM)— quedó en manos de la investigadora, quién pudo así seguir de cerca el desarrollo dinámico de los acontecimientos filmados. Una de las grabadoras, se ubicó en el bolsillo del delantal de la profesora, con el fin de lograr un registro detallado de su discurso. Cuando en el aula los estudiantes realizaban actividades en grupos de trabajo, se le asignaba grabadora a varios grupos (tres o cuatro), y se desplazaba una de las cámaras a aquellos grupos en donde se encontraba la docente interactuando.

Cabe comentar aquí que las transcripciones se realizaron teniendo en cuenta el video de la cámara móvil, haciéndose uso el video de la CT para controlar ciertos datos que no estaban en la CM. Las transcripciones del material de las grabadoras, se hicieron en algunos casos particulares, por ejemplo, en un trabajo de estudiantes en ausencia de la profesora o en algunos momentos en donde no se entendía parte de los diálogos en el video.

Es importante tener en cuenta de acuerdo a Rickenmann (2012), el no olvidar que la videoscopía no consiste en captar positivamente la totalidad de una realidad, y recordar en permanencia que el acto mismo de filmar hace parte ya del proceso interpretativo típico de la investigación cualitativa. Filmar la vida del aula es recoger y estructurar informaciones desde un determinado punto de vista. Por ello, es preciso mantener la articulación

metodológica entre el modelo interpretativo de referencia y las preguntas de investigación que guiarán la mirada hacia los sectores y momentos de la actividad didáctica en los que se espera que se presenten los tipos de fenómeno a observar.

3.4.2 Sinopsis

La sinopsis permite una reducción de la información, porque se centra en los principales episodios de cada clase. En la presente investigación la información se analizó inicialmente por medio de tablas, en la primera tabla que aparece al inicio de cada sesión, se consignan las principales actividades de la clase con los siguientes datos: fases de cada sesión, duración, un texto de síntesis de lo que acontece principalmente en cada fase y los episodios que hacen parte de ese espacio de clase. A continuación se muestra un ejemplo.

Principales actividades de la tercera sesión clase

Fase	Duración	Descripción y función	Relación de episodios
Quiz	27 min	Los estudiantes resuelven un quiz con dos preguntas sobre átomos y moléculas. Luego la profesora pide a los estudiantes que escriban una pregunta que tengan sobre el tema.	Episodio cero ⁸
1 La profesora responde preguntas	20 min	Dos estudiantes comparten la pregunta que realizaron en uno de los puntos del quiz y la profesora las responde.	Episodios 1,2
2 Actividad en parejas	60 min	Hacer una lectura de dos gráficos sobre las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno, para luego dialogar lo interpretado.	Episodios 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Tabla 2. Principales actividades de la sesión 3 de clase analizada.

Luego en una segunda tabla se realiza una sinopsis de la clase, en donde se resumen los episodios que hacen parte de la fase a la que corresponde. Esta tabla contiene tres columnas:

⁸ La denominación de episodio cero se refiere a los momentos de la clase que se toman un determinado tiempo dentro de la unidad temática, pero no hacen parte de los análisis. Este el caso del contenido de los quices o producciones escritas de los estudiantes que no se incluyen en las transcripciones, por no hacer parte del estudio los objetivos de esta investigación. Cabe aclarar que en algunos momentos se hacen comentarios generales sobre estos episodios (cero), pero centrándonos principalmente en las interacciones verbales entre profesora y estudiantes a lo largo de estos episodios.

una primera columna indica la actividad realizada, con los tiempos de acuerdo a lo planificado o efectuado por la profesora (por ej., fase de acogida y saludos, fase de introducción, fase de formulación de la tarea, fase de ejecución, Quiz, etc...). La segunda columna, se sintetiza lo principalmente acontecido en los episodios, transcribiendo acciones o elementos significativos de la estructura dialogal y transaccional y los turnos de acción de los agentes de la actividad didáctica previamente identificados con un código (por ej. “P” para profesor, “Estudiante o Estudiante 1, Estudiante 2, cuando intervenían varios alumnos en las conversaciones”...en algunos turnos se pone el nombre de los estudiantes a medida que se van identificando en las conversaciones). La tercera columna es utilizada para indicar los fenómenos didácticos mesogénesis, topogénesis y cronogénesis, categorías que nos permitieron describir y comprender, respectivamente, la evolución del medio didáctico y de los contenidos, el rol del docente y de los estudiantes en las acciones de transformación de este medio y, finalmente, la organización temporal de las tareas y de los saberes a enseñar. Así mismo en la segunda columna se tuvieron también en cuenta, los cuatro gestos docentes genéricos identificados por la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (Sensevy, 2007b): funciones de definición (indicadas con DEF<), de devolución de la responsabilidad de la tarea (indicadas con DEV<), de regulación o autorregulación de la actividad de aprendizaje (indicadas con REG<) y de institucionalización de los saberes en construcción (indicadas con INST<) para describir la función de los turnos de acción de profesora y estudiantes. A continuación se muestra un ejemplo de sinopsis.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
FASE 2 (00:40 a 1:25)	Sesión 1 Episodio 1 Los electrones en movimiento “crean” un espacio, el orbital. Explicación teórica y simulación del modelo atómico actual. (2) P: [DEF<] <i>Aquí tengo un <u>cable eléctrico</u>, entonces a este <u>objeto</u> voy a poner un extremo en mi mano, mi mano va a ser el centro, y voy a poner este <u>objeto</u> en <u>movimiento</u> y <u>estamos</u>.</i>	MESO: Definición del medio. La profesora hace uso de un medio discursivo en donde define el modelo mecánico-cuántico del átomo y en paralelo hace una simulación que introduce en el medio didáctico. El objetivo de esta simulación es incluir un elemento importante del modelo atómico que desarrollará durante esta primera parte de la clase: los electrones

<p>DEFINICIÓN TEÓRICA Y SIMULACIÓN</p>	<p><i>pensando en nuestro modelo del átomo, los electrones están en movimiento.</i></p> <p>Episodio 2</p> <p>Ese espacio que construyen la totalidad de los orbitales atómicos es esférico.</p> <p>La profesora pretende mostrar a los estudiantes por medio de diferentes movimientos (cable) en los planos (x,y,z), la forma esférica del átomo.</p> <p>(18) P: <i>Pero yo estoy haciendo este movimiento. ¿cuál es el espacio de este movimiento?</i></p> <p>Los estudiantes dan diferentes respuestas como: onda, radio, círculo, hasta llegar a la respuesta esperada. Los movimientos simultáneos en los planos (x,y,z), forman una esfera.</p> <p>Luego se pasa a definir otros conceptos del modelo en estudio</p> <p>(29) P: <i>[DEF<]...Entonces los orbitales atómicos son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo atómico y los electrones (.). Como el núcleo es de una carga eléctrica positiva y el electrón es de carga eléctrica negativa, entonces todas mis interacciones en ese caso son de atracción (16s).</i></p>	<p>en movimiento “crean” un espacio, el orbital, al girar alrededor del núcleo.</p> <p>TOPO Y MESO: Acciones reguladoras de la docente.</p> <p>Las acciones didácticas que la profesora realiza tienen efectos sobre el medio didáctico, al llevar a los estudiantes a una zona donde ubican el contenido central de la secuencia sin que la docente lo defina.</p> <p>CRONO: Cronogenéticamente se da un movimiento importante en el momento que los estudiantes llegan a la respuesta esperada, lo que permite pasar a otro momento de la clase con nuevas tareas e intenciones didácticas.</p>
---	--	--

<p>FASE 3</p> <p>(01:25-2:00)</p> <p>CALCULAR LAS FUERZAS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN EN UN ÁTOMO</p>	<p>Episodio 3</p> <p>Bueno entonces vamos a hacer la continuación de los que ya hicieron la siguiente tarea. Cada uno según su átomo, va a anotar cuantas fuerzas eléctricas de atracción hay en ese átomo y cuántas de repulsión.</p> <p><i>(Un grupo de estudiantes llama a la profesora para preguntarle algo sobre la tarea)</i></p> <p>(29) Estudiante: <i>[DEV<] Entonces el número de atracciones de interacciones corresponde al número de electrones.</i></p> <p>(30) P: <i>¿Cuál interacción?</i></p> <p>(31) Estudiante: <i>La interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones. O sea</i></p>	<p>MESO: la profesora cambia el medio, los estudiantes pasan a trabajar con un átomo que cada uno seleccionó la clase anterior y luego como tarea para la casa, lo dibujó de acuerdo al modelo actual.</p> <p>MESO/TOPO: El estudiante hace deducciones que lo acercan a la solución del ejercicio y la docente regula su trabajo.</p>
--	---	--

	<p><i>este sería el núcleo. Entonces los setentaiocho electrones estarían interaccionando con...</i></p> <p>(34) P: <i>Setentaiocho ¿quién?</i></p> <p>(35) Estudiante: <i>Eh, setentainueve del oro.</i></p> <p>(36) P: <i>Tú tienes al oro.</i></p> <p>(37) Estudiante: [DEV<] <i>Y estarían interaccionando con el núcleo, serían setentainueve interacciones eléctricas de atracción y las de repulsión sería entre los electrones. Entonces sería cada electrón de cada nivel, de cada orbital estaría repeliendo con todos los de cada orbital siguiente.</i></p> <p>(38) P: [REG<] <i>Siguientes, en plural.</i></p> <p>(39) Estudiante (01:13:01): [DEV<] <i>Entonces por ejemplo en el orbital uno que hay dos órbitas, que hay dos electrones en movimiento que giran alrededor del núcleo ¿la órbita es ésa?</i></p> <p>(40) P (01:13:15): [REG<] <i>¿La órbita? u orbital.</i></p> <p>(41) Estudiante (01:13:16): [DEV<] <i>No, en el orbital que hay dos electrones.</i></p> <p>(42) P (01:13:20): [REG<] <i>Sí, esos dos se repelen y cada uno a la vez con todos como estas diciendo, sí, esa idea está bien. Tú estás pensando en el núcleo interaccionando con cada uno de los electrones. Entonces tantos electrones tendrán tantas fuerzas eléctricas de atracción, eso está bien. Ahora estás pensando que un electrón se repele con todos los demás, muy bien ¿entonces?</i></p> <p>(43) Estudiante: [DEV<] <i>Serían los setentaiocho se repelen con los setentainueve...</i></p> <p>(44) P: [REG<] <i>Sí, listo, lo demás sería un razonamiento. Pero el razonamiento físico que has hecho está bastante bien.</i></p>	<p>TOPO: El estudiante se apropia de su rol en la elaboración de la tarea.</p> <p>TOPO: El estudiante hace uso del lenguaje apropiado y argumenta su respuesta a la profesora.</p> <p>TOPO: La profesora está pendiente de lo que dice el estudiantes y lo corrige si es el caso</p> <p>La profesora aclara uso del lenguaje correcto. Los estudiantes continúan usando la palabra órbita del modelo planetario en lugar de orbital.</p> <p>Por medio de la DEV-REG el estudiante cae en cuenta del error en el uso de términos y lo corrige.</p> <p>Microinstitucionalización: la profesora hace un resumen de lo dicho por el estudiante y valida su respuesta.</p> <p>MESO: El estudiante da la respuesta correcta para esta parte del ejercicio y hace evolucionar el medio.</p> <p>TOPO: Rol de la docente, aprobar o desaprobar. A su vez la estudiante asumió su rol en la realización de la tarea.</p>
--	---	--

Tabla 3. Ejemplo de sinopsis de la sesión 1.

En la columna central (segunda columna), se usaron además códigos de identificación señaladas dentro del contenido de los diálogos, para las diferentes categorías de observables. En estos ejemplos se han utilizado dos tipos de codificación. Un primer tipo relativo a la identificación de evidencias mesogenéticas, es decir, aquellas que dan cuenta de la evolución del medio didáctico y del tipo de contenidos (señaladas con “indicio”). Un segundo concierne las evidencias topogenéticas, que dan cuenta de la evolución de las relaciones docente-alumno (indicadas con “indicio”) y de las relaciones experto-novato (indicadas con “indicio”). Un tercer tipo identifica las evidencias relativas a la cronogénesis, que da cuenta de los indicadores temporales de las tareas (indicados con “indicio”) o de los avances significativos del saber (indicados con “indicio”).

Categorías e indicadores de análisis	Indicador
<p><i>Mesogénesis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Elementos relativos a los conceptos o nociones del saber declarativo. - Elementos relativos a las conductas expertas (saber- hacer o procedimentales). - Elementos relativos a las conductas de la tarea de aprendizaje (saber ser o dispositionales). 	<p><u>Indicio</u></p> <p><u>Indicio</u></p> <p><u>Indicio</u></p>
<p><i>Topogénesis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Elementos relativos a las posturas de profesor o de alumno -Elementos relativos a las posturas expertas 	<p><u>Indicio</u></p> <p><u>Indicio</u></p>
<p><i>Cronogénesis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -Elementos relativos al avance del proyecto docente -Elementos relativos al avance epistémico 	<p><u>Indicio</u></p> <p><u>Indicio</u></p>

Tabla 4. Indicadores mesogenéticos, topogenéticos y cronogenéticos usados en el análisis. (Rickenmann, Angulo & Soto 2012).

3.4.3 Transcripción

Con la sinopsis se identificaron aquellos episodios relevantes del estudio, los cuales son transcritos de forma más detallada permitiendo visualizar los elementos que corren en el video y dando forma a los fenómenos analizados. Es así como después del cuadro de sinopsis se procede a realizar por medio de la transcripción, los análisis más específicamente, centrando la atención en la gestión docente de la dupla devolución-regulación y del proceso transaccional, como eje central para la estructuración de las escenas del texto de la actividad.

En este punto es importante mencionar que con el fin de disminuir el volumen del cuerpo de la tesis, algunas de las transcripciones de las sesiones de clase analizadas son enviadas a los anexos (clases, 2, 4 y 5). Se dejan completas la primera sesión de clase y la tercera, para mostrar enteramente cómo se realizaron los análisis e ilustrar el trabajo realizado en esta aula.

3.5 Las entrevistas

Se realizaron entrevistas semiestructuradas por ser una técnica flexible y abierta que permite además de la guía de preguntas que el entrevistador quiere realizar, adicionar otras preguntas para precisar conceptos y obtener mayor información (Hernández-Sampieri, R Fernández-Collado & Baptista, 2006).

El número de entrevistas efectuadas a la profesora fueron cuatro: antes del desarrollo de la unidad temática, al final del desarrollo de la unidad temática y dos denominadas autoconfrontación de las cuales se hablará más adelante. El objetivo principal de estas entrevistas fue conseguir información contextual suplementaria para completar los análisis de las grabaciones de video, y obtener información acerca de las creencias y propósitos de la profesora respecto al proceso de enseñanza aprendizaje, que pudiese ayudarnos a entender lo que sucedió a medida que se avanzó en la actividad. Además en las entrevistas se recogió información sobre la planificación, los objetivos, los contenidos, metodología de trabajo y evaluación para la asignatura. En el Anexo 3, se encuentran las transcripciones de las entrevistas realizadas a la profesora. A continuación se encuentra la guía de la primera entrevista semiestructurada.

Primera entrevista

1. Metodológicamente hablando cómo planeas las clases?
2. Qué fuentes utilizaste para organizar la planeación de este tema X?
3. Qué papel dirías que juega en tus clases tus exposiciones o explicaciones?
4. Y el material escrito?
5. Qué papel crees que juega el lenguaje, discurso o las interacciones discursivas en el aprendizaje?

6. ¿Cuál crees que es la esencia de la buena enseñanza?
7. ¿Cómo crees que se aprende ciencia?
8. ¿Cómo crees que aprenden los estudiantes que tienes a cargo?
9. ¿Qué crees que deben saber para que puedan aprender el tema X que vas a enseñar?
10. ¿Qué grado de dificultad pueden tener los contenidos que se van a trabajar?
11. ¿Cómo puede ser la reacción de los estudiantes frente al tema/unidad?
12. ¿Cómo esperas que sea su participación?
13. ¿Qué dificultades se pueden presentar?
14. Para el contenido elegido ¿qué actividades, modelos, analogías, metáforas entre otras, vas a utilizar?, ¿Qué fuente utilizas para diseñarlas (o replicarlas)?
15. Consideras que la planeación de la clase y sus actividades ayudará a la comprensión del contenido? ¿Por qué?
16. ¿Con cuáles actividades los estudiantes pueden estar más receptivos al tema? ¿Y por qué?
17. ¿Qué tipo de evaluación llevas a cabo con tus alumnos?

Instrumento 1. Primera entrevista a la profesora.

Las preguntas 1, 2, 3 y 4, hacen referencia a la asignatura y tema concreto que se ha grabado en esta investigación. Recogen información sobre contenidos, objetivos y metodología de trabajo que se sigue en el desarrollo de la misma.

En las preguntas 5, 6, 7 se obtiene información de la importancia que le da la profesora al discurso hablado y escrito en el proceso de enseñanza aprendizaje. Estas preguntas son relevantes, pues están relacionadas con el objeto de esta investigación.

Las preguntas 8, 9 y 10, nos dan información sobre qué entiende la profesora por ciencia y si cree que en la universidad se enseña ciencia, así como una buena enseñanza.

Las preguntas 11 a la 13 se centran en las actitudes y dificultades encontradas en el aula por parte de los estudiantes y finalmente las preguntas 14, 15, 16 y 17 se centran en la planeación y evaluación de la clase. Adicionalmente, en las entrevistas también se ha recogido

información relativa a la experiencia docente, académica y personal de la profesora la cual nos permitió describir su perfil.

3.5.1 La auto-confrontación

En investigación y estudio del trabajo docente, podemos mencionar el método de autoconfrontación (Amigues, Faita, & Saujat, 2004). Este dispositivo consiste en someter la videoscopía al análisis conjunto del investigador con el profesor filmado (autoconfrontación) o de éste y de un colega con la misma experiencia (autoconfrontación cruzada), con la finalidad de objetivar, en los discursos descriptivo-explicativos que ambos proponen, elementos implícitos tanto de la planificación como del manejo de la actividad en el aula. Las autoconfrontaciones se fundamentan en invitar a los actores de la investigación (docente, alumnos, si es el caso) a hacer una lectura comentada (y dialogada) a partir de estas videoscopías y/o de los materiales (trazas escritas, fotografías, apuntes) recogidos por el investigador a lo largo de su observación.

El uso de las autoconfrontaciones adquiere matices particulares en el marco de la clínica didáctica por cuanto la lectura-interpretación está supeditada a las matrices interpretativas de los modelos y conceptos de funcionamiento del sistema didáctico. En este sentido, las videoscopías no se consideran ni utilizan como un material neutro. Por el contrario, dadas las pautas temporales generalmente largas del material colectado, las videoconfrontaciones se hacen generalmente a partir de un material editado, fuertemente marcado por la lectura del observador (Rickenmann & Córdoba, 2009).

La colección de episodios de las clases de la profesora, fueron seleccionados a criterio de la investigadora, tomando en consideración momentos de las clases que tuvieran relación con las categorías y con asuntos que requirieran confrontación. Fue necesario utilizar la estrategia de observación conjunta de los videos con su respectiva transcripción, pues por un lado, era importante conversar sobre algunas situaciones que se vivieron en las clases, de tal manera que la profesora pudiera ampliar y explicar ciertas decisiones que surgieron en las mismas. Prácticamente en todas las cinco sesiones de clase analizadas se seleccionaron momentos para la autoconfrontación, de los cuales se va dando cuenta a medida que aparecen los mismos en los análisis y discusión de los resultados.

3.6 Los resultados obtenidos del análisis de las clases

En la fase de análisis se realizó una selección inicial que permitió organizar la información, reducir el volumen y encontrar regularidades y patrones (Taylor & Bogdan, 1996). Para hacer la codificación e iniciar el establecimiento de relaciones entre la información, la teoría y las propias comprensiones como investigadora, se usaron algunas herramientas del software Atlas ti 7.0.

En un segundo momento se revisó, observó y analizó de nuevo la información junto con las categorías iniciales (MESO, TOPO, CRONO, DEV-REG), para finalmente contrastar los diálogos de la profesora y estudiantes con las teorías en las cuales está enmarcada la investigación. El proceso de análisis no se realizó de manera lineal, pues implicó regresar a la información repetidas veces. Fue un proceso con un rumbo claro, pero no en línea recta. Siempre se tuvo presente trabajar con la TSD y la TADC, las cuales aportaron las bases fundamentales del marco conceptual. Pero pretender profundizar un poco más en los diálogos entre profesora y estudiantes, implicó la revisión de otros marcos y enfoques (competencias científicas y argumentación en ciencias, géneros discursivos, indagación dialógica, entre otros), hasta definirnos por la interacción discursiva y los elementos de análisis del discurso, desde los referentes señalados en el marco teórico.

La sistematización de la información para su posterior análisis, consistió en la digitalización de las tablas con las sinopsis y la posterior transcripción de los episodios relevantes del discurso producido en las sesiones de clase seleccionadas, así mismo la transcripción de las entrevistas realizadas a la profesora.

Las transcripciones fueron tratadas de acuerdo con un sistema de claves de transcripción, que contempla los detalles del discurso así como la observación de los elementos conceptuales. Estas convenciones están basadas en el sistema desarrollado por Jefferson (Atkinson & Heritage, 1984), (Sacks, Schelgloff, & Jefferson, 1974). También se pueden consultar en (Candela, 1999a), (D. Edwards, 1990), (Edwards & Mercer, 1987), (Hutchby & Wooffitt, 1998), (Prados, 2009) entre otros. Las convenciones usadas intentan captar la naturaleza del habla como actividad social, y el discurso como acciones situadas, articuladas y construidas en interacción social. En el Anexo 4, se presenta una tabla en donde se consignan las

convenciones utilizadas para la elaboración de las transcripciones que se analizan en este trabajo.

Las grabaciones de los datos de investigación se encuentran estructuradas en las siguientes unidades:

- Unidad temática: Que corresponde al tema específico de una asignatura. Por tratarse de un tema a nivel universitario se hace uso de esta denominación.
- Sesión: Se relaciona con los cortes de tiempo lo largo de la unidad temática. Generalmente una sesión tiene una duración aproximada de dos horas.
- Actividad/tarea: Es una secuencia de acciones que hacen parte de una sesión.
- Estructuras interactivas (dupla devolución-regulación): Formas de organización de la interacción profesor estudiante o grupal.

Es importante resaltar que desde que fue presentada la propuesta de investigación (2013-II) y durante su desarrollo (2014-2015), los avances fueron compartidos y discutidos con los miembros del grupo de investigación GCEM (Grupo de Enseñanza de la Ciencias Experimentales y Matemáticas), de la Universidad de Antioquia y presentados a la comunidad académica y científica en diferentes eventos regionales, nacionales e internacionales (Anexo 5).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS RELATIVOS A LA DESCRIPCIÓN DE LAS SESIONES

En este capítulo se presenta información relativa a los contenidos, objetivos de la asignatura y de la unidad temática, la dinámica de trabajo seguida en el aula, y las características del contexto físico en los que han tenido lugar las clases. Luego se hace una descripción de cada una de las cinco sesiones de clase analizadas, a fin de comprender cómo se desarrolla el proceso de enseñanza aprendizaje en esta aula. Esta descripción se ha llevado a cabo a partir de la observación y transcripción de las clases seleccionadas, combinado con las entrevistas realizadas a la profesora (semiestructurada y de autoconfrontación).

4.1.1 Descripción general de la unidad temática y la unidad de análisis

Este estudio se desarrolló a lo largo de una unidad temática sobre el tema estructura atómica, dictado a estudiantes de segundo semestre de las carreras de Química y Tecnología Química de la Universidad de Antioquia. A continuación se hace un resumen de los lineamientos con los que la profesora planifica sus clases.

De acuerdo a la presentación del curso y microcurrículo, el proceso de enseñanza aprendizaje en esta aula tiene como meta el desarrollo cognitivo, praxeológico y valorativo, es decir, el desarrollo en los estudiantes del *saber* (conocimiento conceptual), del *saber hacer* (conocimiento procedimental) y del *saber ser* (motivación, interés, actitud) y del saber convivir (Presentación y Microcurrículo de la asignatura Estructura y Enlace Químico) (Anexo 6). En este sentido el profesor como portador de una experticia disciplinaria, a la vez instrumental y social, tiene el rol de proponer situaciones de aprendizaje y disponer los medios didácticos necesarios para que los alumnos actúen en ellos (Brousseau, 1996). Y en consecuencia, ser facilitador de la apropiación por parte del estudiante de los diferentes tipos de saberes (*nociones, actitudes, y modos de hacer...*), teniendo en cuenta que la actividad de apropiación del saber no se considera desde un punto de vista individual, sino como un proceso social, sobre todo en el marco académico.

Es así como la profesora de esta aula realiza una labor didáctica que consiste en “organizar las actividades de enseñanza y aprendizaje con la finalidad de lograr la integración de conocimientos ya adquiridos con los nuevos a desarrollar, para así construir nuevos cuerpos de conocimientos acerca de sustancias y moléculas, estructura molecular y atómica y en particular una red de conceptos y procedimientos relacionados con la representación lingüística en química, la representación molecular, corpuscular, estructural y como interacción de núcleo (s) y electrones. Se espera que lo anterior sea puesto en acción y de modo explícito en la resolución de situaciones químicas por los estudiantes. Se resalta que es de alto interés en esta asignatura, el trabajo continuo y persistente del estudiante por la apropiación del conocimiento, consciente y constante a lo largo del tiempo, mediante la acción de enfrentar situaciones químicas contextualizadas”. (Extraído del documento de presentación y Microcurrículo de la asignatura Estructura y Enlace Químico) (Anexo 6.

Microcurrículo Curso Estructura Y Enlace Químico

).

En la siguiente tabla se reúnen algunas características de las sesiones de clase analizadas: la fecha, el tema, las actividades realizadas, y la duración.

Año	Fechas de grabación	Tema	Actividades realizadas	Duración
2014-I	Agosto 21	Ideas de aproximación al modelo mecánico cuántico del átomo (Interacciones eléctricas, ley de Coulomb).	-Quiz -Explicación teórica del modelo y simulación -Ejercicio de aplicación	01:45:10
2014-I	Agosto 28	Átomos, moléculas, Carga nuclear efectiva, Interacciones Fundamentales.	- Sesión de preguntas de la profesora a los estudiantes. -Ejercicio de aplicación	02:00:00
2014-I y II	Septiembre 9	Diagrama de energías de orbitales atómicos, átomo de hidrógeno.	-Quiz -Se resuelven dudas de los estudiantes sobre el tema. -Se hace una lectura de gráficos sobre transiciones electrónicas en el átomo de	01:47:36

			hidrógeno, para luego dialogar lo interpretado.	
2014-I	Septiembre 16	Sistema Láser He-Ne.	- Se resuelven dudas de los estudiantes sobre el tema. -Explicación magistral con ejemplos y demostraciones (llavero de láser y polvo de tiza). -Los estudiantes hacen la lectura sobre el sistema láser He-Ne, para luego responder unas preguntas.	01:55:09
2014-I	Septiembre 18	Tarea y socialización (Láser He-Ne).	-Los estudiantes se organizan en grupos de trabajo; la profesora pasa revisando y preguntando sobre la comprensión de la tarea.	01:45:14

Tabla 5. Características de las sesiones de clase analizadas.

La unidad de análisis de este estudio de caso es la secuencia⁹ de enseñanza-aprendizaje, a partir de la noción de actividad conjunta docente – alumno que permite acceder a la actividad efectivamente realizada. En este sentido, el análisis de los resultados se hace desde una doble lógica representada (ver Figura 6) por la flecha que vincula la “unidad de análisis” con el “sistema didáctico implementado”. Una primera parte del estudio se focaliza en lo que comúnmente se denomina la acción docente de planificación o programación de la enseñanza. La segunda parte está orientada hacia el estudio del funcionamiento efectivo de la actividad de enseñanza y aprendizaje. La articulación de estas dos lógicas descriptivas permite aportar elementos de respuesta a los dos principales aspectos que cubrió el estudio: a) con respecto a la construcción negociada de los contenidos de enseñanza en el aula, teniendo en cuenta elementos verbales y actitudinales alrededor de unos contenidos de saber, y b) con respecto a los roles, funciones y participación de las dos categorías de agentes de la actividad (profesora y estudiantes) en la actividad conjunta (Rickenmann, Angulo & Soto, 2012).

⁹ Se debe tener en cuenta que desde el marco de referencia, es decir la Teoría de las Situaciones Didácticas se hace uso del término “secuencia de enseñanza- aprendizaje” o “secuencia didáctica”, pero en este estudio se asume como “unidad temática” por tratarse de una clase a nivel universitario.

Estructura para el análisis de resultados

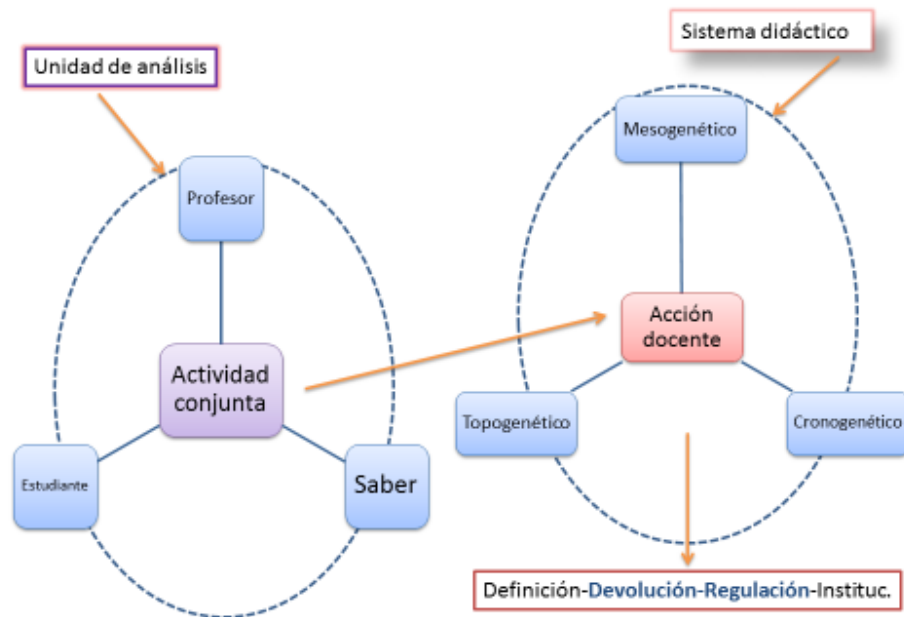


Figura 6. Modelo descriptivo de los sistemas didácticos del proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula. Adaptado de Rickenmann, Angulo y Soto (2012).

En la presente investigación se trabajan dos niveles de transcripción como se ha mencionado en la metodología. En un primer nivel se procede a realizar un resumen introductorio de la sesión de clase en donde se dan las generalidades de lo que ocurre en la misma, luego se elabora la sinopsis que sintetiza los principales momentos de cada clase. A partir de los fenómenos didácticos observados en la sinopsis, en un segundo nivel, se realiza la transcripción escrita de los episodios significativos con el objeto de describir de manera más fina las microgénesis de estos procesos. Es así como en algunos apartes de estas sinopsis se procede a una transcripción literal de las interacciones verbales entre profesora y estudiantes, con el fin de hacer un análisis de los procesos, así como las posturas y gestos más significativos, de acuerdo con un orden cronológico de aparición.

Estas sinopsis nos brindaron un panorama general sobre la totalidad de la unidad temática implementada, básicamente a partir de las principales evoluciones del medio didáctico (procesos de mesogénesis), de la caracterización de las acciones de los agentes docente y/o

alumnos sobre este medio didáctico (procesos de topogénesis) y de la resultante en términos de tipos de contenidos co-construidos (procesos de cronogénesis). En la dinámica de los procesos didácticos meso, topo y cronogénicos, se puede observar cómo el profesor realiza su enseñanza y en función de ello, qué decisiones toma, en qué momento y por qué. Al mismo tiempo las tareas de aprendizaje que se proponen en esta aula, tratan alternar actividades que impliquen acciones de aprendizaje de *recepción/interpretación*, de *producción/transformación* y de *comunicación/metacognición*) de saberes por parte de los estudiantes (Rickenmann, Angulo & Soto, 2012). Estos tipos de actividades, a la vez son reguladas por la profesora mediante estrategias de apoyo o procesos de andamiaje, con el fin de lograr que el alumno construya su conocimiento.

Finalmente, como parte de la comprensión del trabajo en esta aula se hace necesario una descripción del contexto físico en donde se ha llevado a cabo la misma. Para lo cual se puede decir que este salón de clase se encuentra ubicado en el edificio con el que cuenta la Facultad de Ciencias de la Universidad de Antioquia, sede Medellín Colombia. Una visión general del aula se muestra en el siguiente gráfico.

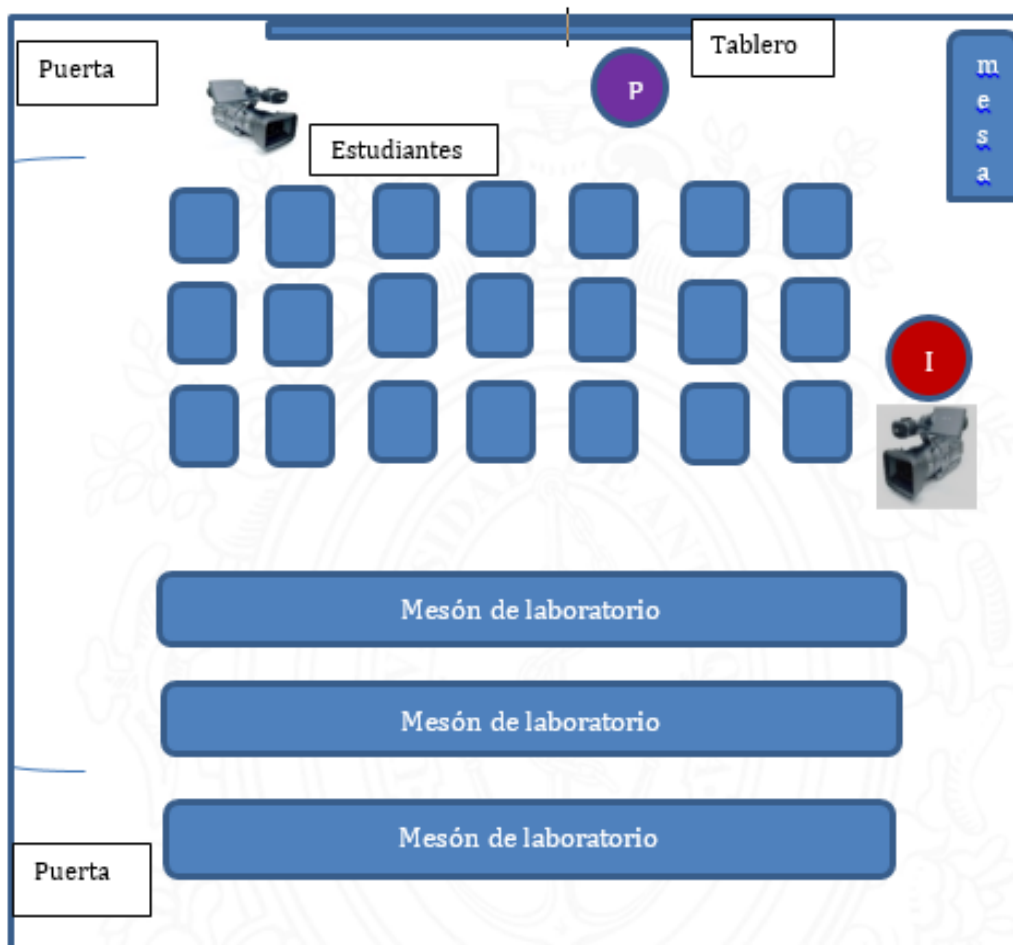


Figura 7. Diagrama estructural de la clase.

Como se puede apreciar en la figura 8, este salón de clases está destinado para dos fines: la parte de atrás contiene mesones para labores de prácticas de laboratorio, y en la parte de adelante están dispuestas las sillas y el tablero para el trabajo teórico. En el lateral izquierdo del aula se encuentran dos ventanales grandes y en esa misma pared se encuentran carteles relativos a las normas de seguridad en el laboratorio, peligrosidad de los compuestos químicos con sus símbolos respectivos y la tabla periódica de los elementos; otra versión de la tabla periódica se encuentra al frente, específicamente al lado derecho del tablero. El espacio en esta aula permite además que los estudiantes trabajen en grupos o en mesa redonda, facilitando cambiar de posición según tengan que atender al tablero, al video beam o a la profesora, la cual se va moviendo por los distintos espacios del aula. Esto permite atender las actividades que se desarrollan en esta aula y el modo como se llevan a cabo. A continuación se muestran las estructuras interactivas identificadas en esta aula.

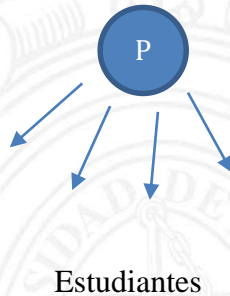
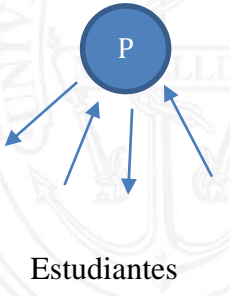
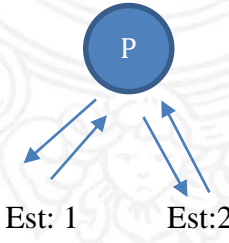
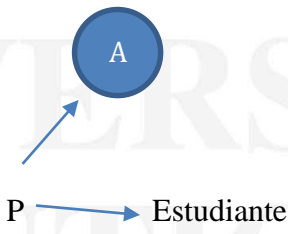
Estructuras interactivas identificadas en el aula		
Estructura interactiva	Representación gráfica	Definición
1. Exposición del profesor ante el grupo.		La profesora presenta nueva información o retoma información sin la intervención de los estudiantes.
2. Presentación dialogada ante el grupo.		La profesora presenta nueva información, retoma información dada o conecta información, apoyándose en las preguntas que hace a los estudiantes y las que los estudiantes le hacen a ella.
3. Trabajo en equipos (2 a 4 estudiantes).		La profesora interactúa con los equipos de trabajo preguntándoles por sus comprensiones, a la vez que los estudiantes responden y preguntan sus inquietudes.
4. Situaciones de validación.		Un estudiante responde algo preguntado por la profesora, generalmente desde su puesto de trabajo, y otro(s) estudiante(s) debe decir si está o no de acuerdo.

Tabla 6. Estructuras interactivas identificadas en el aula.

A continuación se procede con el análisis de cada una de las sesiones de clase seleccionadas para esta investigación, y las evidencias encontradas en torno a los elementos antes descritos.

Sesión 1

Tema: Ideas de aproximación al modelo cuántico del átomo, interacciones eléctricas y ley de Coulomb.

Fecha de la clase: 21/08/2014

Duración de la clase: 2 horas

Esta es la primera clase de las cinco analizadas de una unidad temática centrada en el estudio de la estructura atómica. Durante esta clase se observa un trabajo insistente de la profesora para lograr que los estudiantes se apropien¹⁰ del modelo mecánico-cuántico del átomo, en léxico y representación, y dejen de lado el modelo planetario. La clase se divide en dos fases, en la primera, la profesora realiza la presentación teórica del modelo mecánico-cuántico haciendo una simulación¹¹ con un cable, en donde los estudiantes participan tratando de llegar a la respuesta esperada por la profesora. En la segunda fase se realiza un ejercicio para calcular las fuerzas de repulsión y de atracción de un átomo seleccionado por cada estudiante, con dificultades sobre todo para comprender y realizar el cálculo de las fuerzas de repulsión.

A continuación se presenta una gráfica a modo de resumen, en donde se especifica el contenido epistémico trabajado en esta sesión (Meso), el rol de la profesora (Topo P) y los estudiantes (Topo E) y los avances en el tiempo didáctico de la clase (Crono).

¹⁰ Cuando se habla de apropiación nos referimos a la representación intelectual en este caso del modelo cuántico del átomo, que deben hacer los estudiantes por medio de un juego y un ordenamiento de las ideas, que les permita al menos una comprensión cualitativa de ciertos aspectos del modelo y relacionarlos con el mundo que los rodea. Esta apropiación depende en parte del manejo docente de los procesos de devolución- regulación en las actividades de clase.

¹¹ La simulación es un recurso de enseñanza-aprendizaje de manera que los estudiantes están en contacto directo con lo que van a aprender en lugar de simplemente pensar en ello (Andreu, García, & Mollar, 2005). El poder de la simulación reside en la realidad de la práctica comunicativa en que están envueltos los aprendices, del análisis de la situación a la que se enfrentan, y de la toma de decisiones en torno al objeto de estudio.



Sesión 1: Ideas de aproximación al modelo cuántico del átomo, Interacciones eléctricas y Ley de Coulomb.

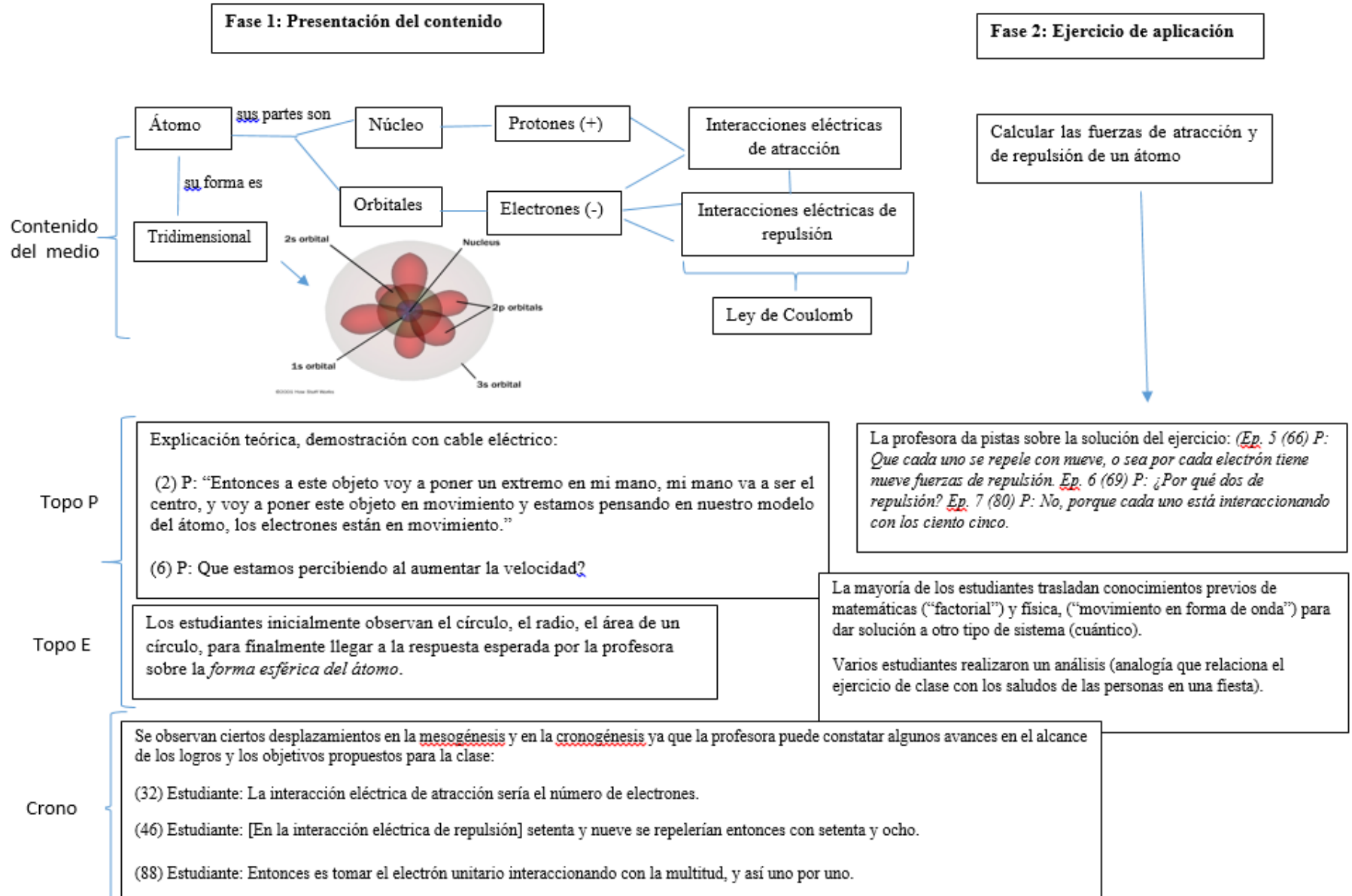


Figura 8. Esquema general del desarrollo de las sesión 1 de clase.

Se pasa ahora a describir las principales actividades de la clase

Fase	Duración	Descripción y función	Relación de episodios
0 Entrega de tarea y preguntas escritas.	40 min	La profesora entrega a sus estudiantes una tarea realizada en la clase pasada y luego escribe en el tablero cuatro preguntas que deben contestar.	Episodio cero ¹²
1 Explicación teórica y simulación del modelo atómico actual	45 min	La profesora hace una explicación de los conceptos básicos del modelo atómico actual, usando una simulación con un cable.	Episodios 1,2,3
2 Ejercicio de aplicación	35 min	Los estudiantes resuelven una tarea: hallar el número de fuerzas de repulsión y de atracción de un átomo seleccionado por cada estudiante en la clase anterior.	Episodios 4,5,6,7,8

Tabla 7. Principales actividades de la clase (sesión 1)

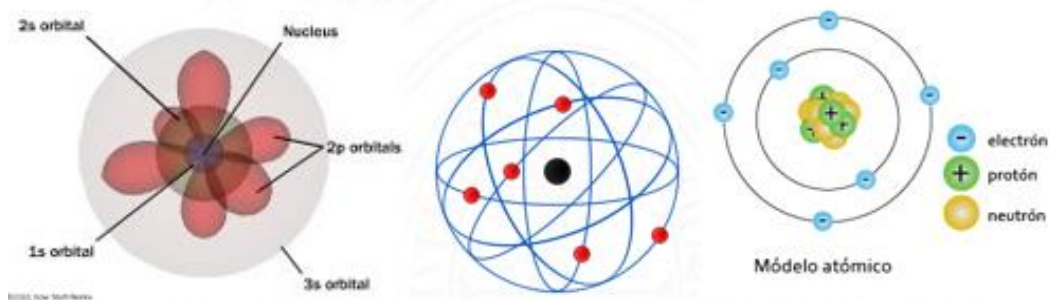


Figura 9. Modelo Actual del átomo (mecánico-cuántico) y Modelo Planetario del átomo

Fuente: <http://clasedelaquimica.weebly.com/modelos-atomicos.html>

En esta sesión de clase la profesora entrega una tarea realizada por los estudiantes en la clase anterior (representación de un átomo seleccionado por cada estudiante) y escribe cuatro

¹² Se recuerda que la denominación de fase “cero” o episodio “cero” se refiere a los momentos de la clase que se toman un determinado tiempo dentro de la unidad temática, pero no hacen parte en detalle en los análisis. Este el caso del contenido de los quices o producciones escritas de los estudiantes que no se incluyen en las transcripciones, ya que no hacen parte de los objetivos de esta investigación, no queriendo decir con esto que no sean importantes en la clase o que no aporten al estudio. Cabe aclarar que en algunos momentos se hacen comentarios generales sobre estos episodios (cero).

preguntas en el tablero que los alumnos deben responder de forma individual. Las preguntas están relacionadas con el aprendizaje del modelo atómico: 1) ¿Qué has desaprendido acerca de los conceptos modelo atómico y modelo planetario? 2) ¿Qué has desaprendido acerca del concepto configuración electrónica? 3) ¿Qué has aprendido nuevo sobre el concepto modelo atómico? 4) ¿Qué has aprendido sobre el concepto configuración electrónica?

Actividad inicial de la clase

(Un estudiante le pregunta a un compañero)

Estudiante: ¿Qué es desaprender?

Estudiante: Pues desaprender es borrar.

(La profesora escucha a los estudiantes y sobrepone)

P: ¿Desaprender? Borrar no, intentar olvidar o sustituir al menos parcialmente.

Estudiante: Un conocimiento previo, supuestamente.

(La profesora se dirige a otro estudiante que le pregunta)

Estudiante: Profesora ¿a qué se refiere con desaprender?

P: Desaprender ¿Qué entiendes tú con ello?

Estudiante: Cómo la corrección.

P: Es lo que hayas aprendido, entonces ¿qué concepto erróneo crees tú que tenías?

Estudiante: Que pensaba que el modelo atómico era el mismo que el planetario.

P: De eso se dio ya cuenta, entonces desaprende ese concepto y va a aprender uno nuevo.

(La profesora se dirige a otro estudiante)

Estudiante: Profesora cuando ahí dice desaprendido ¿es que le ha generado dudas de un concepto que ya tenía?

P: Le ha generado dudas, inquietudes, se da cuenta que no es así y por lo tanto no vas a seguir utilizando eso de modo consiente.

No hace parte de los objetivos de esta propuesta analizar las producciones textuales como son: quices, parciales, tareas escritas que entregan los estudiantes etc, aun así en el anexo 7 se incluyen algunas tareas y evaluaciones realizadas por los estudiantes que dan cuenta de la movilización de saber en esta aula. Además para este episodio se revisaron algunas de las

respuestas más comunes de los estudiantes de acuerdo a las transcripciones y la información suministrada por la profesora.

(Algunos estudiantes compartieron las respuestas con la profesora)

Estudiante: Profesora que en el colegio no me enseñaron nada, siempre se trabajaba el modelo de Bohr y otros, no se trabajó el actual, me siento estafada.

Otros estudiantes responden al preguntarles por los dibujos del átomo realizados en una de las tareas:

“Estructura enseñada en el colegio y re-explicada por mi compañero”. (Anexo 7.2)

“Dibujé de modo planetario ya que es el modo que he trabajado en el cole y no tengo conocimiento cómo representarlo de otro modo”. (Anexo 7.2)

Otro estudiante escribe:

“Lo saqué de un libro de química de acuerdo con la representación de Bohr”. (Anexo 7.2)

En una de las entrevistas cuando se le pregunta a la profesora sobre cuáles son las respuestas más comunes a las preguntas realizadas a los estudiantes al inicio de esta clase, responde:

P: Ah, no, ellos ahí contestan que ellos creían que el modelo del átomo es el planetario y que así se los pusieron en la primaria, y en la secundaria, y en la universidad también, y en los libros también lo ponen así; y en Internet también lo ponen así. Eso está por todas partes ese modelo planetario...

A: Esa es la respuesta más generalizada que ellos hacen ¿cierto?

P: Sí, y más generalizada porque ellos nunca estaban pensando el electrón como orbitales atómicos, eso es lo más... y ellos sí dicen eso claro, que ellos siempre habían pensado que eso era así, la esferita girando alrededor del centro.

A: Eso con respecto a que han aprendido y lo que han desaprendido, ya me imagino que hablan de los orbitales...

P: Ah sí, por ejemplo ellos ahí en desaprender dicen mucho “dejar de usar palabras y usar otras”; ellos se refieren mucho a usar nuevas palabras, se refieren mucho a que en los dibujos hay que poner atención y a los colores, porque ellos están acostumbrados a un dibujo en un libro o un gráfico, ellos pasan eso derecho, ellos no leen el gráfico; ellos no leen los dibujos; los estudiantes simplemente leen el texto de palabras y ya, lo que capturaron ahí a la carrera y ya, entonces ellos aprenden a poner más atención. (Entrevista 4 p. 6) (Anexo 3).

La actividad anterior revela una intención docente centrada en conocer las concepciones de los alumnos sobre el tema estructura atómica y cómo los estudiantes han deconstruido conceptos, y construido otros. Lo clave de la actividad es que es el mismo estudiante, el que

se hace consciente de los cambios y transformaciones que han sufrido las ideas del modelo atómico que tenía inicialmente.

Sinopsis de la primera fase de la clase

Transcurridos 40 minutos de la clase, la profesora hace la explicación del modelo mecánico-cuántico del átomo y para ello se apoya en una simulación que realiza con un cable. Al mismo tiempo en que realiza las demostraciones con el cable, la profesora va construyendo el tejido conceptual del modelo y en orden cronológico va interrelacionando los elementos que hacen parte de este modelo (núcleo, protón-neutrón, electrón), haciendo particularmente hincapié en las fuerzas interactivas de atracción y de repulsión. Inicialmente la profesora, parte de los electrones en movimiento alrededor del núcleo, caracterizándolo, especialmente de manera no sustancialista.

Para hacer entendible los fundamentos del modelo atómico actual, la profesora realiza una demostración con una serie de movimientos, con los que pretende ilustrar el comportamiento de los electrones girando alrededor del núcleo, poniendo en relieve sobre todo el carácter tridimensional de este movimiento. Este comportamiento de los electrones en el átomo, es sometido a un primer tipo de transposición a partir de una analogía propuesta por la profesora, con el fin de comunicar esta abstracción a los alumnos a través de una experiencia tangible. De esta manera, la creación de un espacio (orbital), a partir del movimiento de los electrones, constituye uno de los principales contenidos de enseñanza que la profesora intenta co-construir con sus estudiantes en esta primera parte de la clase.

Sinopsis de la fase 1 que incluye los episodios 1, 2

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
FASE 1 (00:40 a 1:25)	<p>Episodio 1</p> <p>Los electrones en movimiento “crean” un espacio, el orbital.</p> <p><i>Explicación teórica y simulación del modelo atómico actual.</i></p> <p>(2) P: [DEF<] Aquí tengo un cable eléctrico, entonces a este objeto voy a poner un extremo en mi mano, mi mano va a ser el centro, y voy a</p>	<p>MESO: Definición del medio.</p> <p>La profesora hace uso de un medio discursivo en donde define el modelo mecánico-cuántico del átomo y en paralelo hace una simulación que introduce en el medio didáctico.</p> <p>El objetivo de esta simulación es incluir un elemento importante del modelo atómico que desarrollará</p>

<p>DEFINICIÓN TEÓRICA Y SIMULACIÓN</p>	<p>poner este <u>objeto</u> en <u>movimiento</u> y estamos pensando en nuestro <u>modelo del átomo</u>, los <u>electrones</u> están en <u>movimiento</u>.</p>	<p>durante esta primera parte de la clase: los electrones en movimiento “crean” un espacio, el orbital, al girar alrededor del núcleo.</p>
	<p>Episodio 2</p> <p>Ese espacio que construyen la totalidad de los orbitales atómicos es esférico</p> <p><i>La profesora pretende mostrar a los estudiantes por medio de diferentes movimientos (cable) en los planos (x,y,z), la forma esférica del átomo.</i></p> <p>(18) P: Pero yo estoy haciendo este movimiento ¿cuál es el <u>espacio</u> de este <u>movimiento</u>?</p> <p><i>Los estudiantes dan diferentes respuestas como: onda, radio, círculo, hasta llegar a la respuesta esperada. Los movimientos simultáneos en los planos (x,y,z), forman una esfera.</i></p> <p><i>Luego la profesora pasa a definir otros conceptos del modelo en estudio: carga eléctrica, interacción eléctrica de atracción (entre núcleo y electrones), interacción eléctrica de repulsión (entre electrones), y la ley de Coulomb.</i></p> <p>Los orbitales son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo y los electrones</p> <p>(29) P: [DEF<]...Entonces los <u>orbitales atómicos</u> son <u>espacios</u> que se <u>construyen</u> por la <u>interacción</u> entre <u>núcleo</u> atómico y los <u>electrones</u> (.). Como el núcleo es de una carga eléctrica positiva y el electrón es de carga eléctrica negativa, entonces todas mis <u>interacciones</u> en ese caso son de <u>atracción</u> (16). Pero además los electrones de carga eléctrica negativa están en movimiento y son de carga eléctrica negativa, por lo tanto debe haber <u>interacciones</u> eléctricas de <u>repulsión</u> entre electrones y las fuerzas eléctricas de repulsión están dadas por la <u>ley</u> de <u>Coulomb</u>. (<i>La profesora explica la fórmula de la ley de Coulomb en el tablero.</i>)</p>	<p>TOPO Y MESO: Acciones reguladoras de la profesora.</p> <p>Las acciones didácticas que la profesora realiza tienen efectos sobre el medio didáctico, al llevar a los estudiantes a una zona donde ubican el contenido central de la secuencia sin que ella lo defina discursivamente, ya que la definición en este caso pasa por la demostración.</p> <p>CRONO: Cronogenéticamente se da un movimiento importante en el momento que los estudiantes llegan a la respuesta esperada, lo que permite pasar a otro momento de la clase con nuevas tareas e intenciones didácticas.</p> <p>MESO: La profesora introduce la noción de carga eléctrica a su tejido conceptual, lo que anticipa el objeto didáctico a venir con las nociones de interacción eléctrica, de atracción y de repulsión y la ley de Coulomb.</p>

Tabla 8. Sinopsis de la primera fase de la clase

La transcripción y análisis de los episodios 1, 2 se muestra a continuación:

Episodio 1

(1) P: [DEF<] Bueno, entonces vamos a poner atención. Entonces de acuerdo al trabajo que ustedes han hecho tienen un modelo del átomo hasta lo que hemos realizado con la configuración electrónica, el dibujo que realizaron y lo que acaban de escribir. *(La docente se refiere a un dibujo que los estudiantes realizaron dos clases atrás, sobre un átomo seleccionado por cada estudiante).*

(2) P: Aquí tengo este objeto, es un cable eléctrico y tiene dos enchufes para conectar en cualquier sistema electrónico. Pero me interesa esto como un objeto. Entonces a este objeto voy a poner un extremo en mi mano, mi mano va a ser el centro, y voy a poner este objeto en movimiento y estamos pensando en nuestro modelo del átomo, los electrones están en movimiento.

(3) P: Entonces vamos a hacer una analogía con este objeto partiendo de que el electrón es una partícula que considerado como partícula tiene estas características: una masa del orden de diez a la menos treinta y un kilogramos (10^{-31} Kg). Entonces si le ponemos sentido a la magnitud del orden de diez a la menos treinta y un kilogramo no hay una balanza que nos mida esa masa, no existe esa balanza... Pero a pesar de esa masa tan pequeña tenemos una velocidad demasiado alta, una velocidad del orden de diez a la seis metros por segundo (10^6 m/s). Los objetos materiales con los cuales nosotros nos relacionamos son todos objetos que podemos percibir con los sentidos, sin embargo para el electrón eso queda bastante fuera del foco de lo que estamos acostumbrados a pensar con los objetos de dimensiones perceptibles.

(4) P: [DEF<] Entonces pasa que tú tienes el núcleo como una partícula que está armada entre neutrones y protones y tengo electrones interaccionando con ese núcleo atómico, y esa interacción corresponde a que esos electrones están en movimiento, pero la interacción es en cuanto a que los electrones son de carga negativa y los protones son de carga eléctrica positiva. Y la carga eléctrica de un electrón es del orden de diez a la menos veintiocho (10^{-28}) Culombios. Entonces en este momento *el problema* es de interacciones. Vamos a hacer una analogía con este cable, mire que este objeto yo lo puedo manipular de muchos modos; lo puedo poner como un segmento de recta en el eje x, pero lo puedo poner como un segmento de recta en el eje z, o lo puedo poner como un segmento de recta en el eje y, yo estoy acá con la intención de mover el objeto, la intención de percibirlo en las tres dimensiones del espacio.

¿Cómo evoluciona el medio en una clase de estructura atómica?

En el turno 1 se hace uso de un medio discursivo en donde la profesora define el modelo mecánico-cuántico del átomo. Esta definición se va a ir construyendo a partir de una visión dinámica y no sustancialista que se puede inducir a través de los términos: configuración electrónica, orbital, interacción eléctrica. En la intervención 2 la profesora continúa su discurso y en paralelo hace una simulación que introduce en el medio didáctico. El objetivo de esta simulación es incluir un elemento importante del modelo mecánico-cuántico que desarrollará durante esta primera parte de la clase: **los electrones en movimiento “crean” un espacio al girar alrededor del núcleo.** Para ello usa un medio de representación más que discursivo.

“Entonces a este objeto voy a poner un extremo en mi mano, mi mano va a ser el centro, y voy a poner este objeto en movimiento y estamos pensando en nuestro modelo del átomo, los electrones están en movimiento.”

En el turno 3 se hace uso de la analogía para comparar el comportamiento del electrón con la materia a escala macro, introduciendo también elementos diferenciadores de escala de los fenómenos, como son las unidades de masa y de velocidad (electrón partícula con masa de 10^{-31} kg y velocidad de 10^{-6} m/s), el uso de estas magnitudes numéricas son un buen indicio del proyecto docente sobre dimensionar el tamaño del electrón. Así mismo, el recurso de la analogía es usado por la profesora con el fin de lograr que los estudiantes se hagan una imagen de la forma tridimensional del átomo.

“Entonces si le ponemos sentido a la magnitud del orden de diez a la menos treinta y un kilogramos no hay una balanza que nos mida esa masa, no existe esa balanza... Pero a pesar de esa masa tan pequeña tenemos una velocidad demasiado alta, una velocidad del orden de diez a la seis metros por segundo”.

En el fragmento 4 la profesora introduce la noción de carga eléctrica al tejido conceptual del modelo atómico en estudio, lo que anticipa el objeto didáctico a venir con las nociones de interacción (eléctrica), de atracción y de repulsión. De esta manera, la profesora interrelaciona los elementos constituyentes del átomo: **núcleo** (que contiene **protones (+)**) y los **electrones (-)** interaccionado con el núcleo. En esta parte se evidencia que la profesora

hace una ostensión¹³ (con el uso del cable para la indicación de los ejes x,y,z), que en este caso privilegia más las relaciones entre los elementos, que la ubicación espacial de los mismos, siendo esta una de las limitantes fuertes de la concepción del modelo atómico que intenta deconstruir (esta situación se hace más clara en el siguiente episodio).

La profesora continúa con la simulación.

Episodio 2

Que estamos percibiendo al aumentar la velocidad?

(La profesora toma un cable y lo mueve en forma circular)

(5) P: Ese objeto (cable), lo puedo poner a mover con la velocidad que yo quiera, muy despacio, con poca velocidad; le puedo aumentar la velocidad al aumentar la fuerza, y le puedo seguir aumentando la velocidad.

(6) P: ¿Qué están viendo en este momento? ¿Qué estamos percibiendo? ¿Qué ven? usted no está viendo la velocidad ¿Qué ve?

(7) Carlos: Si usted aumenta la velocidad de su objeto perdemos la posición del objeto.

(8) P: ¿La posición? o la percepción. Si aumentamos la velocidad perdemos la percepción del objeto. Ya no puedo percibirlo ¿qué más perciben ustedes cuando hago ese movimiento más rápido?

(9) Judith: Que el movimiento va en forma de onda y se va prolongando con la velocidad.

(10) P: ¿Qué percibes tu Pablo?

(11) Pablo: ¿Dónde está la onda?

¹³ De acuerdo a Godino (2003) un objeto ostensivo (una palabra escrita, un gráfico, etc.) puede ser también pensado, imaginado, por una persona, o puede estar implícito en un discurso institucional (por ejemplo, el signo de multiplicar en la notación algebraica).

Por su parte una *definición ostensiva* es aquella que refiere el significado de un término señalando ejemplos del entorno. Este tipo de enunciación se utiliza cuando la definición del término se hace dificultosa, ya sea porque las palabras no van a ser entendidas por el receptor o por la naturaleza misma del término. Se suele acompañar señalando el objeto a modo de ejemplo. Las definiciones ostensivas se apoyan en el razonamiento analogía o en el razonamiento basado en casos del receptor. Por ejemplo, definir "rojo" señalando cosas rojas es dar una definición ostensiva. La definición ostensiva *supone* que, al individuo a quien ésta se dirige, es capaz de comprender el tipo de información que se le está dando. Cabe resaltar que las definiciones ostensivas tienen a su favor la fuerza de la evidencia, pero también tienen fallos, uno de estos fallos es que el uso de un objeto en concreto vicia las pretensiones de generalidad del concepto, se pretende llegar al concepto por un ejemplo, pero éste carece de proyección general (Wittgenstein 1967, citado en Acero, 1999).

(12) P: Que donde está la onda dice él.

(13) Judith: Cuando usted la pone a girar se hace un círculo.

Movimiento ondulatorio, significa que el electrón en el átomo se desplaza?

(14) Estudiante: Profesora si se dice que el electrón tiene un movimiento onda partícula, significa que se desplaza y recorre una distancia, entonces el electrón en el átomo se desplaza?

(15) P: Ese no es el pensamiento del modelo cuántico (.), así se piensa en física Newtoniana en la cual un objeto se mueve y corta un espacio, pero en física cuántica los electrones, los electrones no hacen eso, en el modelo cuántico del átomo no se piensa en un electrón moviéndose por un espacio, se piensa en el electrón en el concepto físico-matemático como una función de onda.

(16) Estudiante: Pero entonces no entiendo porque el movimiento ondulatorio (.), o sea, si se dice que es un movimiento ondulatorio tiene que moverse...

(17) P: El electrón se mueve pero no se desplaza. El electrón ni gira ni se desplaza, él está en movimiento. Hay un movimiento que es otra cuestión muy diferente, porque el problema fundamental es de interacciones electromagnéticas que dan los estados cuánticos de energía y por eso hablamos de transición electrónica más que decir saltos, porque los libros llaman las transiciones “saltos” y no son saltos, son realmente cambios de movimiento del electrón, que se traducen en energías, entonces el movimiento ni es giro ni es desplazamiento.

(La profesora sigue preguntando)

Los estudiantes llegan a la respuesta de la forma esférica del átomo

(18) P: ¿Cuál es el espacio de ese movimiento? ¿Qué dices Juan? ¿El espacio será esta cuerda en sí mismo? o ¿tengo otro espacio?

(19) Estudiante: No, el que está ocupando la punta en el instante de...es el radio.

(20) P: [REG<] ¿El radio? ¿Cuál será el espacio? ¿Este radio? o ¿Cuál será? El círculo que describe el objeto en movimiento ¿cuál es el espacio en ese movimiento? Están pensando sólo con el radio, yo estoy diciendo, el espacio de este objeto en movimiento, esta cuerda fija es esta longitud, es este espacio, una longitud. Pero yo estoy haciendo este movimiento ¿cuál es el espacio de este movimiento?

(21) Estudiante: El área del círculo.

(22) P: Sí, pero ¿Cuál es el espacio que construye este objeto cuando está en ese movimiento, un círculo no es la longitud del objeto, es el círculo que estas construyendo, eso que tú haces es bien, ese símil que haces con el bolígrafo es bien (*el estudiante trata de dar la respuesta de forma ilustrativa, haciendo círculos con el lapicero*). Pero ¿Cuál es el espacio que estás construyendo cuando lo pones en movimiento? ¿Es un segmento de recta? o qué es lo que estoy haciendo.

(23) Estudiante: Un círculo.

(24) P: El círculo, se está construyendo un círculo si el objeto está en movimiento circular, si no, no hay ese espacio ¿si me entienden?...El espacio se construye, el espacio no está dado, el espacio no es un cajón para poner cosas, el espacio es según el objeto en movimiento, ese es el espacio. Ahora yo puedo ponerlo en este plano, plano x,z, aquí estoy en el plano x, z; z, y; aquí estoy en el plano x, z, pero yo puedo hacer esto (*la profesora mueve el objeto en tres planos*). Ya no estoy en el plano x, z ya estoy en plano ¿qué?

(25) Estudiantes: x, y, z.

(26) P: Y ya no voy a estar ahí sino así, y puedo seguir haciendo eso, y puedo cambiar y cambiar ¿o no? Cuando hago todo esto ¿qué espacio armo?

(27) Estudiantes: [DEV<] Una esfera.

(28) P: [INST<] Un círculo no porque estoy dibujando en tres dimensiones, uno no puede olvidar que estamos dibujando orbitales atómicos en tres dimensiones no en dos; yo no tengo un círculo acá, tengo una esfera ¿Por qué una esfera? porque cuando tomo el conjunto del átomo, la totalidad de los electrones, y como esos electrones los llamo orbitales atómicos, el conjunto es un espacio construido por las interacciones entre electrones y núcleo atómico, y ese espacio en su percepción general es esférico, si ustedes le ponen atención al de ustedes también (*la profesora se refiere a un dibujo que los estudiantes realizaron de un átomo seleccionado por cada uno, de acuerdo al modelo mecánico-cuántico*), lo que pasa es que como primero está la idea de plano que de esfera, entonces ustedes ven un plano primero que ver una esfera, pero *ese es el problema* de la percepción. Entonces yo tengo que aprender a percibir en volumen esférico porque es el que me está representando realmente al átomo.

(29) P: [DEF<] Cuando nosotros pensamos con orbitales atómicos que es realmente eso que llamamos 1s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s, 4p, 4d, 4f, etcétera, y estamos pensando que los electrones se mueven con relación al núcleo atómico. Pero lo que dibujo con orbitales atómicos no estoy dibujando segmentos de recta ni estoy dibujando círculos, estoy dibujando volúmenes. Entonces ¿Qué es realmente un orbital atómico? orbital atómico es un *problema* de una interacción entre núcleo y electrones, pero son electrones en movimiento, esos electrones en movimiento construyen un espacio, porque vemos que el espacio se construye, el espacio se construye según el movimiento, por lo tanto los orbitales atómicos son una construcción del electrón en movimiento con respecto a un núcleo atómico. Si tengo cincuenta electrones pues deben de haber los espacios que construyan esos cincuenta electrones en orbitales. Entonces lo que quiero decir es que el átomo no es una cajita para poner electrones, eso no es el átomo. El átomo es un espacio que se construye con las interacciones entre núcleo y electrón según la clase de movimiento que sea ese, entonces los orbitales atómicos son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo atómico y los electrones.(.)

(30) P: [DEF<] (*La profesora escribe en el tablero*). Pero ese espacio que se construye empieza con una cuestión que es relativamente sencilla, es que tenemos dos cargas eléctricas, tenemos una carga eléctrica q1 que la podemos llamar al núcleo atómico, z protones, carga eléctrica positiva; y tengo una carga eléctrica que es el electrón y *mi problema es la interacción entre núcleo y electrones*. Como el núcleo es de una carga eléctrica positiva y el electrón es de carga eléctrica negativa, entonces todas mis interacciones en ese caso son de atracción, entonces tengo interacción eléctrica de atracción (*16s*). Pero además los electrones de carga eléctrica negativa están en movimiento, por lo tanto debe haber interacciones

eléctricas de repulsión entre electrones, entonces electrón con electrón interaccionan también, esta interacción es eléctrica de repulsión (*IIs*), o sea el núcleo va a interaccionar con cada electrón del átomo, interacciones eléctricas de atracción, pero además los electrones son de carga eléctrica negativa, por lo tanto los electrones interaccionan como fuerzas eléctricas de repulsión, las fuerzas eléctricas de repulsión están dadas por la ley de Coulomb, que por definición es la interacción entre cargas eléctricas puntuales y que puedo leer según el algoritmo que hay para las fuerzas eléctricas: una fuerza eléctrica es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas eléctricas de las partículas que interaccionan e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Pero para esa fuerza eléctrica hay una energía, la llamo energía potencial o energía eléctrica para el caso, que será directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas eléctricas de las partículas que interaccionan e inversamente proporcional con la magnitud de la distancia, entonces mire que la diferencia entre fuerza y energía es que el inverso acá es con el cuadrado de la distancia; y el inverso acá es con la distancia lineal (*la profesora señala la fórmula que realizó en el tablero*).

Ley de Coulomb:

$$F = K * \frac{Q * Q}{d^2}$$

Inicialmente los análisis se centran en la profesora por ser quién domina el discurso en esta primera fase de la clase, luego se analiza las respuestas y preguntas de los estudiantes siguiendo el desarrollo cronológico de la clase:

Preparación del medio didáctico

En el anterior episodio la profesora pretende mostrar a los estudiantes por medio de un cable de extensión eléctrica y con diferentes movimientos en los planos (x, y, z), la forma del orbital en el átomo (6 y 7). Inicialmente, la profesora describe un círculo con sus movimientos, para introducir la idea de construcción de un espacio a partir de la noción de interacción (fuerza de atracción y velocidad) (24). Cuando la profesora pregunta a sus estudiantes *¿Qué observan?* (6), los estudiantes solo se centran en la imagen de un círculo que describe la trayectoria del movimiento de la cuerda. En el turno 26, se muestra que después de una ilustración gráfica que realiza la profesora, los estudiantes logran llegar a la idea de la forma esférica del átomo (27).

En este episodio vemos que las acciones didácticas que la profesora realiza tienen efectos sobre el medio didáctico, al llevar a los estudiantes a una zona donde ubican el contenido central de la secuencia sin que ella lo defina de manera verbal. Las preguntas que realiza la profesora operan como parte del engranaje que activa la construcción del contenido en el

colectivo (6, 8, 18, 20, 24 y 26). En el turno 27, los estudiantes incorporan el concepto clave del proyecto de la clase y de la práctica de referencia, la forma esférica del átomo. En su inclusión confluyen aspectos precedentes tales como: discurso sobre fundamentos teóricos, simulación para de-construir la representación sobre un solo plano del modelo planetario del átomo y preguntas a los estudiantes realizadas por la profesora.

En el fragmento 28 la profesora realiza una microinstitucionalización en donde resume y da forma a las ideas trabajadas hasta el momento sobre el modelo mecánico-cuántico del átomo, *“yo no tengo un círculo acá, tengo una esfera ¿Por qué una esfera? porque cuando tomo el conjunto del átomo, la totalidad de los electrones, y como esos electrones los llamo orbitales atómicos, el conjunto es un espacio construido por las interacciones entre electrones y núcleo atómico”*. Además se incluye en el discurso aspectos *actitudinales* frente al saber que hacen parte del contrato didáctico que se estableció en esta clase: *“uno no puede olvidar que estamos dibujando orbitales atómicos en tres dimensiones no en dos”, “ustedes ven un plano primero que ver una esfera pero ese es el problema de la percepción, entonces yo tengo que aprender a percibir en volumen esférico, porque es el que me está representando realmente al átomo”*. A la vez, la institucionalización que realiza la profesora en este momento de la clase, se puede considerar como un avance cronogenético, ya que implicó un logro que permitió pasar a otros conceptos, dinámicas y actividades planeadas para esta clase.

En los dos últimos fragmentos de este episodio, la profesora termina de definir los elementos conceptuales del modelo atómico de interés hasta el momento, a partir una visión dinámica del mismo; se basa primero en el electrón, dándole la forma después a la representación de los orbitales (29), continuando con las fuerzas de repulsión y atracción y finalmente introduce un algoritmo que representa la ley de Coulomb (30). Con el algoritmo se deja en el medio didáctico ese átomo como una representación gráfica, para pasar a hablar de la fórmula como una representación matemática, que permite calcular las interacciones eléctricas entre dos cargas en el átomo. En esta parte se observa una riqueza del medio en cuanto a lo conceptual, (por medio del discurso de la docente), representacional (gestos de la profesora para ilustrar lo que quiere mostrar), modelizaciones etc. Pero además se puede decir que las transformaciones del medio y los desplazamientos de posturas, producen nuevos saberes en esta aula.

Acerca de la posición topogenética de la profesora

La caracterización topogenética de este juego de aprendizaje nos permite entender cómo la profesora progresivamente asume más responsabilidad en las transacciones didácticas, al tratar de crear un puente de comunicación con la lógica del estudiante. En esa intención pedagógica utiliza unos materiales, discursos, símbolos, analogías, esquemas, hace preguntas etc. Un ejemplo de lo anterior se puede ver en el turno 6 cuando la profesora expresa *¿Qué están viendo en este momento?* Aquí intenta que los estudiantes vean lo que para ella es evidente, pero el problema es que al mover el cable, por rápido que realice esta acción, los estudiantes solo observan el movimiento en dos dimensiones que describe la trayectoria circular en un plano, razón por la cual, a la anterior pregunta realizada por la profesora se encuentran respuestas tales como: un círculo (13), el radio (19), el área de un círculo (21) etc.

Luego la profesora asume una posición topogenética importante cuando con los movimientos del cable intenta hacer entendible a los estudiantes la forma tridimensional del átomo, (24) *Ahora yo puedo ponerlo en este plano, plano x, z , plano z, y ; aquí estoy en el plano x, z , pero yo puedo hacer esto (la profesora mueve el cable en tres planos). Ya no estoy en el plano x, z ya estoy en plano ¿qué?* En el anterior segmento se observa cómo la profesora hace uso de un elemento cognitivo común, que es la representación y ubicación de los ejes x, y, z en el plano cartesiano. Esta información suministrada es importante, pero aun así la profesora maneja cierta reticencia¹⁴ con el fin de no revelar sus intenciones didácticas. Al final del episodio en el turno 26, se evidencia que incluso cuando la profesora ha mostrado una parte de sus intenciones, la reticencia sigue siendo importante, *“Y ya no voy a estar ahí sino así, y puedo seguir haciendo eso, y puedo cambiar y cambiar ¿o no? Cuando hago todo esto ¿qué espacio armo? (la profesora mueve el cable en diferentes direcciones).*

El análisis de estos dos primeros episodios nos permiten precisar que en este punto del desarrollo de la unidad temática la acción conjunta no significa todavía división equitativa de las responsabilidades entre la profesora y los estudiantes, ya que la profesora asume un rol de mayor dominio sobre las actividades de la clase. Parece ser que dependiendo del juego

¹⁴ En el sentido tradicional de la palabra, la reticencia designa el hecho de esconder (una parte de) lo que se sabe. La descripción del juego didáctico que precede muestra que esta reticencia es necesaria para el juego didáctico. Si el jugador B divulga sus informaciones a propósito de la estrategia ganadora, A no podrá producir esta estrategia con su propio movimiento, y B no podrá adquirir la certeza de que A aprendió (Brousseau, 1998).

de aprendizaje y del tiempo didáctico, existe una división de las responsabilidades relativas al saber.

Analizando la evolución en el tiempo de los objetivos propuestos para esta primera fase de la clase, podemos decir que se da un movimiento cronogenético importante en el instante en que los estudiantes llegan a la respuesta esperada (27): la forma esférica del átomo. Para lograr esto, la profesora prepara el medio didáctico con unas intenciones y asume un topos de ponerse en el lugar de los estudiantes para hacer entendible la representación que pretende ilustrar la forma tridimensional del átomo; es así como la profesora toma decisiones en su proceso de enseñanza para hacer avanzar el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. De acuerdo con Brousseau (2007), el profesor reflexiona sobre las situaciones didácticas, que se convierten en los medios didácticos, y se posiciona como profesor que prepara su clase cuando inicia el desarrollo de un curso. En esta situación metadidáctica¹⁵, el profesor observa, analiza producciones de los alumnos (trabajos escritos individuales o grupales), evalúa cuáles de las decisiones tomadas en el medio objetivo de cada clase son adecuadas a su proyecto de enseñanza, y decide cómo avanza en ese proyecto.

¿Qué decisiones se tomaron para crear el medio?

Los medios que usa la profesora en sus clases están centrados en lecturas previas de documentos elaborados por ella misma, en donde se dan algunos de los elementos teóricos para construir el saber sobre las temáticas trabajadas en clase. Estos documentos de estudio, inicialmente están en función de producir en los estudiantes acciones de *recepción/interpretación* de contenidos, para luego pasar a actividades en función de lograr *producción/transformación* de saberes a través de preguntas relacionadas con el tema o ejercicios que deben realizar los estudiantes en la clase o fuera de esta. La característica de estas preguntas o tareas es que la respuesta o solución no se encuentra a modo de recetario en los documentos, sino que los estudiantes las deben construir o deducir de manera lógica y reflexiva, tomando como base la información suministrada, complementando la misma con

¹⁵En la situación meta-didáctica el medio está constituido por la situación didáctica, y el tipo de interacción es reflexiva tanto por parte del profesor como del alumno. De acuerdo a Fregona (2009) el profesor se posiciona en esta situación metadidáctica tanto cuando inicia el desarrollo de un curso, como durante la marcha.

otras fuentes y generalmente movilizando saberes antiguos. Aquí se puede decir que las actividades de enseñanza y aprendizaje que se planean en esta aula se van haciendo más complejas a lo largo del semestre, en donde juega un papel importante el andamiaje que la profesora realiza para que los estudiantes vayan tomando control de la situación poco a poco hasta alcanzar el nivel necesario para realizar la tarea por sí mismos.

Recurriendo a las herramientas teóricas de la Teoría de las Situaciones Didácticas, en la preparación de esta clase la profesora crea situaciones según las posiciones que identificó en sus estudiantes en clases y temáticas anteriores. Lo anterior se evidencia cuando en la entrevista uno, la profesora expresa lo siguiente al preguntarle sobre la metodología y planeación de la clase:

P: “Con la experiencia de varios años con los contenidos de este curso, uno infiere por ciertas regularidades y sistemáticas a lo largo del tiempo, cuales conocimientos tienen los estudiantes y que tipo de problemas ellos resuelven. Con base en eso yo organizo el curso y preparo unos documentos centrales que yo los llamo módulos. Entonces hay tres módulos centrales: uno el modelo molecular corpuscular, otro el modelo molecular estructural y el otro el modelo cuántico del átomo. Aunque hay ciertas regularidades, y yo he encontrado a lo largo del tiempo que muchas de ellas persisten, sin embargo entre los grupos hay diferencias. Y esas diferencias lo llevan a uno a estar muy atento a darse cuenta de ellas, y en el transcurso del tiempo ir preparando documentos cortos o ideándose otros problemas y otras preguntas que les ayuden a los estudiantes a complementar las deficiencias que hallan o las ausencias muchas veces, y a planear otras cuestiones que son importantes y que ellos ya deberían tener alguna adquisición de ellas y que sin embargo no las tienen. Por eso yo muchas veces recorro a llevar una hoja con una tarea, llevar un mapa conceptual o a llevar un documento corto, a poner una lectura o asignar un video para ser trabajado con el fin de que ellos puedan tener unos mínimo que les permitan asimilar el contenido del curso”. (Entrevista 1, p. 1) (Anexo 3).

En las sesiones de clase estudiadas, se evidencia que la mayoría de los estudiantes no hacen las lecturas previas de los documentos, o no los entienden, con lo que la profesora tiene que replantear sus estrategias, manejando un equilibrio para que los estudiantes asuman realmente su papel en el juego del saber y se adapten a esas dinámicas que implican el aprendizaje de saberes científicos. En este sentido el andamiaje que realiza la profesora comienza con la observación, en donde se sitúa desde la perspectiva del alumno inexperto, para poder así anticipar sobre las necesidades que se le presentarán en su labor de construcción del conocimiento. Esta capacidad de anticipación le permite organizar en el

tiempo los diferentes contenidos, las pautas, herramientas y ayudas que pondrá a disposición de los estudiantes. Además, a partir de la evaluación de los conocimientos que se requieren para realizar la actividad, la profesora determina y ordena los objetivos de aprendizaje.

Para esta clase en particular, la profesora realiza una explicación teórica del modelo mecánico-cuántico del átomo, seguido de una simulación y un ejercicio de aplicación (hallar el número de fuerzas de repulsión y de atracción en un átomo). A continuación se pasa a examinar las condiciones que crea la profesora según las necesidades que identificó en sus estudiantes, de acuerdo a la información dada por la profesora en las entrevistas.

Con respecto al uso de materiales didácticos, simulaciones¹⁶, analogías en clase la profesora dice:

“De todas maneras la molécula es abstracta, pero esos modelos ayudan mucho a comprender, a visualizar, ayudan mucho a que se conforme un concepto de estructura en química. Hay que usar mucho los modelos porque de todas maneras como ellos [los estudiantes] le dan demasiado énfasis a la vista, entonces eso ayuda mucho. Además yo lo hago porque veo que ellos lo necesitan. Lo piden por su modo de responder a un problema, una pregunta, por su modo de preguntar en clase”. (Entrevista 1, p.10) (Anexo 3)

De acuerdo a Solbes y Sinarcas (2010) las ilustraciones, las imágenes, las analogías, las metáforas, juegan un papel importante en la construcción del conocimiento. A veces tener que imaginar o representar cosas que no vemos directamente ayudan a definir un concepto. Se necesita una representación física para poder percibir directamente y así entender, como se necesitan las analogías para poder comprender, poder pensar en esos procesos similares, para entender la lógica de cómo suceden o cómo son las cosas invisibles.

En la entrevista de autoconfrontación cuando se le pregunta a la profesora sobre el uso de la demostración con el cable, responde lo siguiente:

“Lo del cable, si es mostrarles a ellos que los objetos del mundo cotidiano, que estamos acostumbrados a verlos fijos y que se utilizan simplemente... es decir un cable o una esfera... entonces yo pongo ese objeto en movimiento, y al hacer movimientos clásicos: el circular o el lineal ¿sí? O el parabólico ¿Por qué? Que ellos se den cuenta que cualquier objeto se puede poner en movimiento, y se pone en movimiento y yo decido, yo tomo decisiones para esos movimientos de esos objetos; y sobre todo, cuando al objeto se le cambia la velocidad,

¹⁶ Las especificaciones de la simulación se explicitaron en el apartado de preparación del medio didáctico. En este trabajo nos referimos a simulación cuando la profesora usa materiales para representar un modelo abstracto. Al mismo tiempo usa analogías a modo de comparación o para mostrar una diferencia con el modelo en estudio (el modelo cuántico del átomo).

que ellos se den cuenta que un objeto del mundo cotidiano cuando le aumento la velocidad pierde la observación que hago de él, se deforma; entonces ya no observo el cable, no observo la pelota o la caja, yo observo ya de otro modo... y entre mayor velocidad observo son sombras, unas sombras, entonces observo unos volúmenes en formas de sombras. Que ellos se den cuenta que si con un objeto del mundo cotidiano yo puedo llegar a verlo como sombras, entonces que se imaginen y puedan, por lo menos, dilucidar que un electrón que es un objeto con masa, todavía... diez a la treinta veces menor, y mayor velocidad ¿Cómo puede ser ese objeto? Es decir para que se imaginen que el electrón no es puntual, que el electrón no es una bolita, esa es la idea de ese ejercicio. (Entrevista 3, p. 2). Autoconfrontación (Anexo 3).

Lo que dice la profesora y cómo lo dice, en una clase de estructura atómica

En el recorrido por esta clase, la profesora advierte sobre las dificultades que los estudiantes pueden presentar en la comprensión de los conceptos trabajados sobre el modelo cuántico del átomo. Por ello hace hincapié en ciertos mensajes en particular, que repite varias veces durante la clase. Estas palabras o ideas se convierten en aspectos claves para el aprendizaje de los estudiantes y muestran como los mensajes que usa la profesora contribuyen al proceso de adquisición de saberes. Un ejemplo de ello es la palabra *problema*. En diferentes episodios encontramos repetidamente este término en el discurso de la profesora como lo veremos a continuación:

“Lo que pasa es que como primero está la idea de plano que de esfera, entonces ustedes ven un plano primero que ver una esfera, pero ese es el problema de la percepción” (Ep. 2: 24). Esta expresión revela el conocimiento que tiene la profesora de una manera común de actuar de los estudiantes, de no mirar más allá de lo que les da la primera impresión. Aquí la profesora se refiere a un problema de percepción, que evidencia a la vez un problema epistemológico y de comprensión de los referentes usados en la simulación.

“Entonces en este momento el problema es de interacciones” (Ep. 2:30) Con esta expresión la profesora se centra en un aspecto importante relacionado con los contenidos, en donde los estudiantes deben aplicar ciertos conceptos o enfatizar en aspectos específicos del modelo, para tener éxito en la realización de la tarea. El proyecto que intenta la profesora con este enunciado, que además repite varias veces a lo largo de la clase, es que los estudiantes se hagan unas representaciones de las interacciones en el átomo, para ello es necesario que se tenga un sistema común de significados sobre conceptos tales como núcleo, electrones, orbital, y además establecer relaciones dinámicas entre estos.

En este caso la palabra *problema* indica a los estudiantes, los aspectos sobre los cuales deben centrar su atención, esta palabra significa que la profesora está diciendo algo importante. Es así como este juego dialéctico en la clase es significativo ya que no es solo lo que se dice, sino también cómo se dice y cuantas veces se dice.

Sobre este aspecto Margolinas (1993), realizando un análisis en relación a la participación del maestro en las fases a-didácticas¹⁷ y la devolución, señala: “En efecto, no es el silencio del maestro lo que caracteriza las fases a-didácticas, sino lo que él dice”. Al comienzo de la experiencia profesional, al profesor puede resultarle difícil encontrar intervenciones que permitan la relación del alumno con el problema, pero para un profesor experimentado es algo más natural (citado en Panizza 2002). Es por ello que es importante analizar el contenido de lo que se hace o dice en clase, cómo se hace o se dice, quién lo hace y lo dice, ya que aporta una información completa sobre lo que acontece en el aula.

¿Qué función cumplen las tareas en la clase?

Pasando a otro momento de la clase, encontramos un fragmento en donde la profesora hace uso de una tarea realizada por los estudiantes en clases pasadas. Este ejercicio consistió en seleccionar un átomo, dar información sobre símbolo, Z, A, estado, etc. y luego hacer la representación que consideraran para ese átomo. Ocurrió que la mayoría de los estudiantes realizaron el modelo planetario; luego la profesora pide a los estudiantes que representen el átomo de acuerdo al modelo mecánico-cuántico, encontrándose con una respuesta inicial de protesta de los estudiantes por la dificultad del dibujo, sobre todo para aquellos que seleccionaron átomos con número atómico alto. Finalmente todos terminaron haciendo la tarea, la cual tiene una intencionalidad clara que se evidencia en el siguiente episodio (3).

Con respecto a esta última parte sobre la dificultad de los estudiantes de adaptarse al nuevo modelo del átomo en estudio y la continuidad del modelo planetario en sus representaciones, la profesora expresa lo siguiente:

¹⁷ En la fase a-didáctica, el maestro pasa a un plano más de acompañamiento, caso en el cual la “responsabilidad” recae sobre el alumno y le corresponde auto-gestionar su conocimiento (Castañeda, 2010). El término de situación a-didáctica designa toda situación que, por una parte no puede ser dominada de manera conveniente sin la puesta en práctica de los conocimientos o del saber que se pretende y que, por la otra, sanciona las decisiones que toma el alumno (buenas o malas) sin intervención del maestro en lo concerniente al saber que se pone en juego (Brousseau, 1986).

“Sí, es más cómodo [dibujar el modelo planetario] y cuando uno les pregunta ellos dicen “no es que esto es más fácil” y en realidad la cuestión no es de más fácil, además porque a ellos se les vuelve como un problema que fue muy notable ahora en este semestre, que en el mismo sistema cartesiano x , y , z no pueden dibujar varios orbitales atómicos, o sea, en el mismo gráfico poner $1s$, $2s$, $3s$, $2p$, $3p$; eso se les vuelve un problema, que “¿cómo así, que todo ahí mismo?” dicen ellos, pero esa es la representación real, no hay que dibujar uno por uno individual porque es que el átomo no es así, el átomo en su modelo es concebido con todos esos orbitales atómicos, no separados. Yo digo que es un pensamiento muy aritmético que tienen los estudiantes, el uno, dos, tres, cuatro y todo eso está individual, como entes individuales, no como sistema. (Entrevista 2. p. 2.) (Anexo3)

Pasamos al episodio en donde se retoma la función de las tareas en la clase:

Episodio 3

(La profesora toma el cuaderno de una de las estudiantes y lo muestra a todo el grupo).

(27) P: =Muéstreme ese dibujo Judith (Se refiere a la tarea de la clase anterior sobre dibujar la representación del modelo cuántico del átomo). Miren el dibujo que hizo Judith, bastante bueno y significativo este dibujo (.). Este dibujo es bastante significativo si le pongo mi conocimiento. (7s) Formen una totalidad con este dibujo ¿Qué figura tengo?

(28) Estudiantes: Una esfera.

En el fragmento anterior se observa un elemento de continuidad de la secuencia didáctica de la clase anterior, y se retoma el valor de las tareas y la significación de las mismas en la comprensión de los elementos del modelo en estudio. En este caso la profesora colectiviza un avance individual, usando un dibujo realizado por una estudiante sobre el modelo mecánico-cuántico del átomo, para constatar la forma esférica del mismo. Esta parte de la clase contiene una riqueza en cuanto a la construcción conjunta de significados ya que los estudiantes están confirmando lo enseñado por la profesora, en un esquema que ellos mismos construyeron. Así mismo se puede decir que los estudiantes están en un diálogo de perspectivas, contrastando el modelo elaborado inicialmente por ellos (planetario) con el que se espera desde el marco del modelo mecánico-cuántico del átomo. En el Anexo 7.3 se encuentra el dibujo del átomo realizado por la estudiante de este episodio.

En los anteriores fragmentos se da una institucionalización en donde se establecen relaciones entre las producciones de los estudiantes y el conocimiento científico enseñado en esta aula. Durante la institucionalización se deben sacar conclusiones a partir de lo realizado por los

alumnos, se debe recapitular, sistematizar, ordenar, vincular lo que se produjo en diferentes momentos del desarrollo de la secuencia didáctica, etc., a fin de poder establecer relaciones entre las producciones de los alumnos y el saber cultural o científico (Brousseau, 1986).

Aquí también estaríamos hablando de un elemento sorpresa en el desarrollo de la clase, ya que es la profesora la que determina cuáles de los aportes de los estudiantes convendrá tomar en un determinado momento, y cómo contribuyen estos al entramado conceptual.

¿Cómo se establece el contrato didáctico y juego didáctico en una clase de estructura atómica?

El contrato didáctico de la profesora en esta clase consiste en organizar actividades de enseñanza y aprendizaje en función del *saber conceptual*, es decir, definir los conocimientos que los alumnos requieren para poder asumir las tareas con un cierto nivel de autonomía (episodios 1, 2, 3). Otro aspecto a resaltar de las actividades propuestas en esta aula, es el propósito de desarrollar saberes a partir de la participación de los estudiantes en la actividad, y al mismo tiempo, identificar las capacidades y dificultades que tienen relacionadas con el tema, a modo general, estructura atómica, y más específicamente, interacciones de atracción y de repulsión en el átomo.

Estas constataciones se realizan por medio del contenido de las preguntas que hacen los estudiantes a la profesora, y las respuestas que obtiene cuando es ella quién pregunta. En este caso, ese sería el juego didáctico, el juego del saber que se está jugando en esta aula, en el cual están explícitas e implícitas unas reglas. Una de las reglas importantes que la profesora pretende hacer cumplir en esta clase, es que los estudiantes se apropien del modelo mecánico-cuántico del átomo de forma conceptual (al usar la terminología adecuada y entenderla de forma dinámica) y en forma representacional (trabajar con los esquemas que representan ese modelo).

Esta iniciativa es referida en Sensevy (2007) en donde se enfatiza que el trabajo del profesor es decisivo en el campo de los juegos didácticos, en el que se utilizan situaciones con medios que le permitan al estudiante trabajar individualmente con el problema, aplicando sus

conocimientos. Según Brousseau (1986) estos medios serían antagonistas¹⁸ del estudiante y permiten definir la experiencia que los alumnos han tenido, y transformar, gracias a un largo y continuo trabajo, los conocimientos en proceso de elaboración en saberes compartidos. A si mismo este trabajo del profesor, ciertamente, no podría ser sustraído del contrato didáctico que dará forma a las interacciones.

Con respecto a los estudiantes, se observa que tratan de encontrar pistas en el modo de proceder de la profesora. Por ejemplo la mayoría de ellos ha notado que para la docente es muy importante la participación en clase, siendo una constante de las sesiones grabadas que la profesora realice preguntas y espere la respuesta convirtiéndose en una actividad mayéutica típica profesor- pregunta alumno- responde. De acuerdo a Schubauer-Leoni et al. (2007) cualquier interacción social utiliza objetos de mediación en donde los participantes tratan de descifrar las intenciones del otro, en este caso los estudiantes aprenden a buscar pistas desde el lado de las expectativas del maestro. En este caso los estudiantes están prestos a elaborar sus respuestas de acuerdo a las preguntas de la profesora, ya que han notado que sus aportes son considerados en la clase.

Es así como en esta aula constantemente se crean contextos en donde se favorece los intercambios entre la profesora y los estudiantes, por medio de un diálogo transaccional como parte del proyecto didáctico en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El esquema hacer preguntas pertinentes desde el punto de vista didáctico, corresponde al juego de aprendizaje. La movilización de los conocimientos ligados a la pregunta constituye el juego epistémico. En ese contexto es donde la profesora negocia con sus alumnos los significados de los conocimientos en cuestión y juntos tienen la responsabilidad de trabajar en el proceso de búsqueda de un contrato que favorezca los propósitos de unos y otros; la enseñanza y el aprendizaje.

A este respecto y de acuerdo a Fregona y Orús (2011) no es posible acordar previamente un contrato didáctico entre el profesor y los estudiantes, tampoco resulta razonable convenir las

¹⁸ Se busca que el conocimiento al que recurra o produzca el alumno se justifique por su interacción con el medio, sin la indicación implícita o explícita del profesor. Se las llama situaciones adidacticas, y constituyen de alguna manera un sistema ideal. El medio es un sistema autónomo, antagonista del sujeto. Desde perspectivas constructivistas, un “conjunto de circunstancias exteriores” a un individuo se constituye en un medio cuando produce desequilibrios cognitivos. Por ello, en la teoría de las situaciones se habla de “medio antagonista” concebido para producir una confrontación con el alumno y que “resista” a sus primeras interacciones.

condiciones de ruptura. El contrato didáctico es necesariamente incierto, por ello la autora lo denomina como una “búsqueda de contratos didácticos”. Es el profesor el que orienta esa búsqueda, pero está fuertemente condicionado por las intervenciones y producciones de los estudiantes sobre el objeto de estudio que anuda la relación didáctica en ese momento. En esta clase en particular encontramos que a través del contrato didáctico, la profesora interviene sobre las producciones de los estudiantes (Ep.1), crea espacios para hacerlas públicas (Ep.3), gestiona la participación de los estudiantes (Ep.2, 4, 5, 6, 7 y 8), y en general negocia el significado de los conocimientos producidos en la clase para transformarlos en saberes.

¿Qué develan las respuestas de los estudiantes?

Pasando a hacer un análisis de las respuestas de los estudiantes en esta primera fase de la clase, en el turno 6 encontramos una estudiante que usa la palabra “*posición*” (ver *transcripción abajo*), al referirse al objeto que está en el extremo del cable (enchufe) que la profesora tiene en movimiento:

- (6) P: ¿Qué están viendo en este momento? ¿Qué estamos percibiendo? ¿Qué ven? usted no está viendo la velocidad ¿Qué ve?
- (7) Estudiante: Si usted aumenta la velocidad de su objeto perdemos la posición del objeto.
- (8) P: ¿La posición? o la percepción. Si aumentamos la velocidad perdemos la percepción del objeto. Ya no puedo percibirlo ¿qué más perciben ustedes cuando hago ese movimiento más rápido?

Esto se puede deber a que los estudiantes tienen arraigado el principio de incertidumbre de Heisenberg, que establece la imposibilidad de conocer con precisión, la *posición* y velocidad del electrón en el átomo. Esta teoría está contenida en los textos y documentos de estudio, y es muy común que los estudiantes hagan uso de estas ideas, pero generalmente se hace referencia a estas concepciones de forma mecánica, sin la comprensión del concepto y el contexto.

En el anterior fragmento también observamos que la profesora inmediatamente le da la respuesta a la estudiante sobre las diferencias entre posición del objeto y percepción del objeto (8), notándose aquí que incurre en el efecto Topacio. Es probable que esta parte de la

clase no represente un aspecto importante en el proyecto didáctico de la profesora y al revelar esta información, no se esté dando pistas a los estudiantes para llegar a la respuesta esperada en la actividad trabajada por medio de la demostración.

En el turno 8, cuando la profesora pregunta a los estudiantes por lo que ellos perciben con el movimiento del cable, una estudiante responde, (9) “*Que el movimiento va en forma de onda y se va prolongando con la velocidad”.* Esta respuesta evidencia cómo los estudiantes hacen uso de los conocimientos adquiridos en las diferentes disciplinas, en este caso la física. Las ondas están relacionadas con el movimiento circular uniforme, temática trabajada en las clases de física.

Otro aspecto a resaltar es el momento en que la profesora dice a sus estudiantes (16) “*Pero yo estoy haciendo este movimiento ¿cuál es el espacio de este movimiento?*” Los estudiantes solo se centran en la imagen del círculo que describe la trayectoria del movimiento del cable, es decir que inicialmente el ejemplo subraya esta noción de ubicarse solo en el plano bidimensional (x, y). Pero también se encuentra la limitante de la representación que hace la profesora, ya que el movimiento que realiza, describe un círculo en un primer instante. La cuestión es diferente cuando se tiene en cuenta el conjunto de los movimientos realizados con el cable en los planos x, y, z , (tridimensional), que en este caso describen la esfera. Esta última evoca la intención de la profesora que se evidencia con la pregunta “*¿cuál es el espacio de este movimiento?*” con la cual invita a los estudiantes a observar y armar una figura con la totalidad de los movimientos.

Otra cuestión a mencionar aquí, es algo común que se evidencia en los estudiantes de los primeros niveles en las clases de química, y es el pensar que los átomos y moléculas son planas. O como lo dice la misma profesora en la clase “*Lo que pasa es que como primero está la idea de plano que de esfera, entonces ustedes ven un plano primero que ver una esfera, pero ese es el problema de la percepción*” (Ep.2:24).

Al respecto de lo anterior encontramos la respuesta de la profesora en una de las entrevistas.

“*El pensamiento de los estudiantes es que todas las figuras son planas, todas las formas son planas para los estudiantes. Entonces a ellos les da mucha dificultad eso, que seguramente está asociado a la idea que traen de que en el modelo [planetario], el electrón gira alrededor del núcleo; entonces “eso es plano, es angular pero plano”. No les queda el concepto de*

volumen, entonces como uno no se puede poner a dar clase de geometría ni nada de eso, sino tomar ese sistema cartesiano x, y, z , en el sentido de que puedan armar un volumen, se les dificulta mucho tener pensamiento en tres dimensiones. Entonces yo lo que hago... y a veces tengo que recurrir que yo me posiciono con el objeto en movimiento, me posiciono en este eje, después lo muevo en los otros ejes, para poder que ellos se den cuenta que uno recorre es todo el espacio, que se den cuenta que el movimiento está describiendo es un volumen, no un plano, porque la representación de los orbitales atómicos son volúmenes; las densidades electrónicas se representan como volúmenes, las funciones de onda para el caso del modelo con una función de onda en su representación gráfica me está describiendo es un volumen, la probabilidad de movimiento de un electrón". (Entrevista 3. p, 2) (Anexo 3).

En los turnos 17 a 20, se evidencia la dificultad de los estudiantes de comprender el comportamiento de los electrones en el átomo de acuerdo al modelo mecánico-cuántico.

(17) Estudiante: Profesora si se dice que el electrón tiene un movimiento onda partícula, significa que se desplaza y recorre una distancia, entonces el electrón en el átomo se desplaza?

(18) P: Ese no es el pensamiento del modelo cuántico, así se piensa en física Newtoniana en la cual un objeto se mueve y corta un espacio, pero en física cuántica los electrones, los electrones no hacen eso, en el modelo cuántico del átomo no se piensa en un electrón moviéndose por un espacio, se piensa en el electrón en el concepto físico-matemático como una función de onda.

(19) Estudiante: Pero entonces no entiendo porque el movimiento ondulatorio (.), o sea, si dice que es un movimiento ondulatorio tiene que moverse...

(20) P: El electrón se mueve pero no se desplaza. El electrón ni gira ni se desplaza él está en movimiento. Hay un movimiento que es otra cuestión muy diferente porque el problema fundamental es de interacciones electromagnéticas y que dan los estados cuánticos de energía y por eso hablamos de transición electrónica más que decir saltos, porque los libros llaman las transiciones "saltos" y no son saltos, son realmente cambios de movimiento del electrón, que se traducen en energías, entonces el movimiento ni es giro ni es desplazamiento.

Además se nota cómo la explicación de la profesora no parece ser suficiente para que el estudiante comprenda el fenómeno (18), esto se puede deber a que el contenido del tema es bastante abstracto y requiere una carga teórica físico-matemática compleja que los estudiantes no tienen en el momento. Otros aspectos que se deben tener en cuenta aquí, es cuál es la idea de onda que tiene el estudiante, es decir cómo se le enseñó este concepto: un desplazamiento lineal y una partícula recorriendo una distancia... Otra cuestión es que la experiencia que traen los estudiantes, es de relacionarse a través de los sentidos y de modo

directo con los fenómenos y pretenden explicar el comportamiento de los electrones como el de los objetos puntuales. En este momento también se puede decir que es difícil acercar a los estudiantes al conocimiento, cuando existe una gran distancia entre lo viejo y lo nuevo que se conoce.

De acuerdo a Kalkanis, Hadzidaki y Stavrou (2003) y Solbes (2009), la principal dificultad que tienen los alumnos en el aprendizaje de la cuántica es ontológica: no son capaces de comprender que los electrones, fotones, etc., no son ni ondas ni partículas clásicas, sino objetos nuevos con un comportamiento nuevo, el cuántico. Así, por ejemplo, muchos alumnos consideran el electrón como un corpúsculo, limitan la dualidad a la luz o asocian la onda al movimiento, (Solbes & Sinarcas, 2010).

Al respecto cuando se le pregunta a la profesora por la duda del estudiante, ella responde:

“La carga teórica que ellos tienen es que el movimiento es desplazamiento. Entonces él tiene ese concepto de desplazarse, y ese desplazamiento es recorrer un espacio para ellos, en cambio en la mecánica cuántica nadie está diciendo que se desplaza ni que recorre un espacio. Por eso yo insisto mucho en que se construya el espacio, el electrón en movimiento construye el espacio, y a los estudiantes les da mucha dificultad imaginarse que se construye el espacio, porque para ellos el mundo cotidiano en el sentido común, el espacio está ahí”. (Entrevista 4, p. 7) Autoconfrontación (Anexo 3).

Sobre los vacíos con los que se cree quedan los estudiantes, la profesora dice:

“Yo creo que ellos de todas maneras tienen también varias limitaciones aún para pensar cualitativamente el modelo de átomo; porque ahí fundamentalmente es un pensamiento cualitativo, la intencionalidad; pero... aun así ellos quedan con... quedan limitados; porque todavía no han interiorizado que les sea dominante un modelo de orbitales atómicos. La idea es que los estudiantes vayan adquiriendo o adaptando, y ser conscientes de que ese es el modelo [el mecánico-cuántico] no el otro. Yo creo que ellos si quedan con bastantes limitaciones, porque es muy difícil, los estudiantes no tienen largas trayectorias de trabajar con el conocimiento abstracto, eso es muy de lo concreto; y sobre todo porque de todas maneras ya decir que el electrón lo represento con una función de onda... y ellos con la partícula ahí puesta, una partícula estática, entonces... y que su máximo movimiento es dar vueltas, entonces eso no es fácil. Pero lo que yo sí creo que se gana mucho, es que ellos si quedan muy inquietos y se hacen conscientes de que hay otro modelo”. (Entrevista 2, p. 3) (Anexo 3).

Sinopsis de la segunda fase de la clase

A esta fase le corresponden los episodios 4, 5, 6, 7.

En esta parte de la clase los estudiantes pasan a realizar un ejercicio de aplicación para hallar el número de fuerzas eléctricas de atracción y de repulsión de un átomo que cada uno seleccionó.

A continuación se presenta la sinopsis de esta parte de la clase. Seguido del cuadro, se muestra la transcripción de algunos de las situaciones a modo de episodios con sus respectivos análisis.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
<p>FASE 2</p> <p>(1:25 a 2:00)</p> <p>CALCULAR LAS FUERZAS DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN EN UN ÁTOMO</p> <p>Episodio 4</p>	<p><i>La profesora formula la consigna para comunicar la tarea a los estudiantes:</i></p> <p>(29) P: [DEF<] Bueno entonces vamos a hacer la continuación de los que ya hicieron la siguiente tarea. Cada uno según su átomo, va a anotar cuantas fuerzas eléctricas de atracción hay en ése átomo y cuántas de repulsión.</p> <p><i>Los estudiantes pasan a hallar el número de interacciones eléctricas de atracción y de repulsión.</i></p> <p><i>La profesora se desplaza por los equipos de trabajo resolviendo dudas.</i></p> <p><i>Algunos estudiantes hacen un análisis adecuado en el ejercicio, pero otros aplican sus propias lógicas o trasladan otros saberes (matemáticas, física clásica).</i></p> <p>(32) Estudiante: [DEV<] La <u>interacción eléctrica</u> de <u>atracción</u> sería el <u>número de electrones</u>.</p> <p>(43) P: [REG<] Sí, esos dos se repelen y cada uno a la vez con todos, como estas diciendo, sí, esa idea está bien. Tú estás pensando en el núcleo interaccionando con cada uno de los electrones. Entonces tantos electrones tendré tantas fuerzas eléctricas de atracción, eso está bien. Ahora estás pensando que un electrón se repele con todos los demás, muy bien ¿entonces?</p>	<p>MESO: la profesora cambia el medio, los estudiantes pasan a trabajar con un átomo que cada uno seleccionó la clase anterior y luego como tarea para la casa, lo dibujó de acuerdo al modelo mecánico-cuántico del átomo.</p> <p>Reglas de juego y contrato didáctico: los estudiantes pueden trabajar la tarea de forma individual o en equipos, cada uno la debe realizar en su cuaderno, ya que para la mayoría es diferente por el átomo seleccionado, se debe usar la representación del modelo mecánico-cuántico que cada uno realizó, además hacer el análisis y dar la respuesta de acuerdo al modelo atómico en estudio.</p> <p>Los estudiantes se ponen en la tarea de resolver el ejercicio. La mayoría aplican sus propias lógicas.</p> <p>La modalidad interactiva permanece a lo largo de esta parte de la clase. En varios momentos se presenta efecto Topacio.</p>



	(46) Estudiante: [DEV<] [En la interacción eléctrica de repulsión] <u>setenta y nueve</u> se <u>repelerían</u> entonces con <u>setenta y ocho</u> .	
Episodio 5	(54) Estudiante: Entonces si tengo <u>diez</u> electrones, tengo <u>cinco</u> que son de repulsión. (57) P: [REG<] Y ¿Por qué? no, porque si tienes diez electrones entonces el núcleo interacciona atractivamente con cada uno de los electrones. Entonces ¿Cuántas de atracción? (58) Estudiante: Diez.	TOPO: El estudiante da la respuesta acertada y la profesora asume su rol en la actividad y regula las respuestas de los estudiantes.
Episodio 6	(68) Estudiante: ...Yo tengo el <u>helio</u> ¿cierto? entonces tengo <u>dos</u> electrones, hay <u>dos</u> interacciones de repulsión. Y de atracción entonces como tengo en el núcleo dos protones y tengo dos electrones, cada electrón se va a atraer con cada protón. (71) P: [REG<] ¿Por qué con cada protón? es que el núcleo no es un protón, el núcleo es una entidad, una totalidad, el núcleo no es un montón de protones por allá dispersos...	El estudiante continúa con la tendencia de contar a los electrones por pares, como se hace en distribución electrónica y este no es el caso en el ejercicio. La estudiante no está teniendo en cuenta el núcleo como unidad, sino dividido por los protones (error conceptual), y la profesora regula este error.
Episodio 7	(79) Estudiante: Profesora y <u>para</u> <u>hacer</u> el <u>cálculo</u> de las <u>fuerzas</u> de <u>repulsión</u> entonces ¿uno puede hacer el número de electrones por el factorial? porque si tuviéramos en mi caso ciento seis electrones, entonces uno va a repelerse con los demás ciento cinco, y otro va a repelerse con ciento cuatro porque ya hicimos la cuenta de que se repele con el primero. (80) P: [REG<] No, porque cada uno está interaccionando con los ciento cinco ¿Cuál es su número atómico?	El estudiante aplica la lógica matemática a la solución del ejercicio. La profesora hace la aclaración sobre que se debe tener en cuenta para resolver el ejercicio.
Episodio 8	(89) Estudiante: Yo creo que en el <u>átomo</u> de <u>carbono</u> la <u>cantidad</u> de <u>repulsiones</u> son <u>quince</u> . (Cuando el estudiante le explica a la profesora su respuesta llega a otro resultado).	

	<p>(92) P: [REG<] ¿Por qué quince? explíqueme por qué quince en el carbono.</p> <p>(103) Estudiante: ¿De esa manera no <u>estaría contando las repulsiones dos veces?</u></p> <p>(104) P: ¿Por qué? ¿Cuáles dos veces?</p> <p>(105) Estudiante: Entonces éste se va a repeler con cinco y son seis, seis por cinco treinta, y yo decía quince. <u>Yo estoy haciendo otra cosa.</u></p>	<p>Conflicto cognitivo: el estudiante llega a dos respuestas y justifica que la primera (el valor 15), es la correcta.</p>
--	---	--

Tabla 9. Sinopsis de la segunda fase de la clase.

A continuación se muestran los episodios más relevantes de esta parte de la clase.

Episodio 4

(29) P: [DEF<] Bueno entonces vamos a hacer la continuación de los que ya hicieron la siguiente tarea. Cada uno según su átomo, va a anotar cuantas fuerzas eléctricas de atracción hay en ese átomo y cuántas de repulsión.

(30) Estudiante: Entonces el número de atracciones de interacciones corresponde al número de electrones.

(31) P: ¿Cuál interacción?

(32) Estudiante: La interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones.

(33) P: Espere me muevo que es que casi no se escucha.

(34) Estudiante: O sea este sería el núcleo. Entonces los setenta y ocho electrones estarían interaccionando con...

(35) P: Setenta y ocho ¿quién?

(36) Estudiante: Eh, setenta y nueve del oro.

(37) P: Tú tienes al oro.

(38) Estudiante: [DEV<] Y estarían interaccionando con el núcleo, serían setenta y nueve interacciones eléctricas de atracción y las de repulsión sería entre los electrones. Entonces sería cada electrón de cada nivel, de cada orbital estaría repeliendo con todos los de cada orbital siguiente.

(39) P: Siguiendo, en plural.

(40) Estudiante: Entonces por ejemplo en el orbital uno que hay dos órbitas pues ¿la órbita es esa?

(41) P: ¿La órbita? u orbital.

(42) Estudiante: No, en el orbital que hay dos electrones.

(43) P: [REG<] Sí, esos dos se repelen y cada uno a la vez con todos, como estas diciendo, sí, esa idea está bien. Tú estás pensando en el núcleo interaccionando con cada uno de los electrones. Entonces tantos electrones tendré tantas fuerzas eléctricas de atracción, eso está bien. Ahora estás pensando que un electrón se repele con todos los demás, muy bien ¿entonces?

(44) Estudiante: Serían los setenta y ocho se repelen con los setenta y nueve...

(45) P: ¿Con los setenta y ocho? ¿Por qué con los setenta y ocho si tú fijas uno? (*La profesora le entendió mal, él dijo setenta y nueve*)

(46) Estudiante: Setenta y nueve se repelerían entonces con setenta y ocho.

(47) P: Sí, listo, lo demás sería un razonamiento. Pero el razonamiento físico que has hecho está bastante bien.

En este episodio los estudiantes se ponen en el rol de hacer la tarea. Con respecto a la solución, se observa que el estudiante realiza un análisis propio para determinar las fuerzas de atracción en el átomo: (32) *“la interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones”*. En el turno 38 el estudiante da la respuesta del número de fuerzas de atracción del átomo oro, y hace la deducción adecuada para determinar el número de interacciones de repulsión entre los electrones de dicho átomo. En el turno 43 la profesora aprueba la respuesta del estudiante, y hace una microinstitucionalización caracterizada por la repetición de las ideas expresadas por el alumno. En los turnos 44 y 46, el estudiante le explica a la profesora de donde sale el número de fuerzas de repulsión para el átomo que está trabajando (oro): *“Setenta y nueve se repelerían entonces con setenta y ocho”*, ya en el turno 47, la profesora regula el trabajo del estudiante en donde valida su forma de proceder en el ejercicio *“Sí, listo, lo demás sería un razonamiento. Pero el razonamiento físico que has hecho está bastante bien”*. Aquí se puede decir que la continua aprobación de los aportes de los estudiantes da seguridad al grupo y crea empatía. Además sirve para favorecer la confianza de los estudiantes de participar en la clase, y así la profesora puede detectar las comprensiones que se hacen de los conocimientos en juego.

En la intervención 40, se encuentra algo que se repite en algunos episodios y en varias clases, y es que los estudiantes continúan usando la palabra *órbita* del modelo planetario en lugar de la palabra orbital del modelo mecánico-cuántico, o mezclando los dos términos en sus explicaciones. Al respecto (Jacob, 2001), aporta una interesante reflexión de acuerdo al simbolismo químico, en donde concluye que resolver situaciones químicas es también un problema de resolver operaciones con lenguaje químico en donde los alumnos deben

nombrar, describir, clasificar sustancias, dialogar acerca de modelos etc. Las operaciones con lenguaje químico son una cuestión inherente a un aula de clase de química y la enseñanza debe implicarlos para facilitar el ejercicio de la razón. En este caso hace parte del contrato didáctico y regla de juego en esta aula, que los estudiantes se apropien del modelo en estudio en léxico y en representación (usar los esquemas que representan el modelo actual del átomo).

(40) Estudiante: Entonces por ejemplo en el orbital uno que hay dos órbitas pues ¿la órbita es ésa?

(41) P: ¿La órbita? u orbital.

Con respecto a este mismo aspecto se encuentra que los estudiantes además de usar la palabra órbita, también incluyen en su léxico términos como: capa, nivel, lóbulo para referirse al orbital. Es común en los estudiantes hacer uso de terminología de anteriores modelos con los que se les ha enseñado el átomo, y para realizar cambios significativos sobre estas ideas, requieren de cierto tiempo. Pero además de tiempo, se necesita también una intervención didáctica que el profesor diseñe fundamentándose teóricamente en aspectos ontológicos, epistemológicos etc., para comprender cuales son los obstáculos que el estudiante tiene. Pero en este momento es importante resaltar el compromiso de la profesora sobre llamar la atención, y corregir a los estudiantes en el momento en que no se esté usando el lenguaje químico de la situación en estudio.

El anterior episodio se caracteriza por un trabajo rico en acciones de devolución regulación, que hizo posible avances importantes del medio didáctico en el momento en que el estudiante hace el análisis adecuado para llegar a la respuesta esperada. Así mismo se evidencian movimientos topogenéticos significativos ya que estudiante y profesora asumieron sus roles. Por su parte la profesora en este episodio realiza una labor de andamiaje, guiando al estudiante, aprobando sus respuestas acertadas y corrigiendo el uso no adecuado de algunos términos. En cuanto al estudiante se observa una toma de conciencia en relación con la tarea que le permitió interactuar de forma acertada con el ejercicio. Aquí podríamos decir que los avances del medio están ligados con las posturas y roles asumidas por los actores de la clase, que revelan un grado de conciencia por parte del estudiante en el modo de interpretar el medio con el apoyo de la profesora, lo que permite construir significados conjuntamente.

Episodio 5

(La profesora se acerca a un estudiante que le pregunta algo sobre la tarea y le dice)

(50) P: No, no me dibuje ese átomo. Yo hablo con otro modelo, no estamos funcionando con el modelo planetario.

(51) Estudiante: ¿No?

(52) P: No, yo quiero un átomo con orbitales atómicos.

(53) Estudiante: Listo profesora, mire este *(el estudiante saca otra hoja con el dibujo del átomo que está trabajando según el modelo cuántico).*

(54) Estudiante: Entonces si tengo diez electrones, tengo cinco que son de repulsión.

(55) P: Si tengo cinco electrones...

(56) Estudiante: si tengo diez electrones entonces tengo cinco de repulsión.

(57) P: Y ¿Por qué? no, porque si tienes diez electrones entonces el núcleo interacciona atractivamente con cada uno de los electrones. Entonces ¿Cuántas de atracción?

(58) Estudiante: Diez.

(59) P: [REG<] Diez, pero de repulsión. Entonces tomas uno de los diez, el 1s y los interacciona con los nueve, listo y uno de los 2s también con los otros nueve, y los 3s... Yo no sé si se multiplica. Antes de saber si se multiplica piensa en esa imagen de esas interacciones.

(60) Estudiante: O sea, uno solito tiene fuerza de repulsión con nueve.

(61) P: El otro también con otros nueve y el otro también. Cualquiera tiene repulsión con otros nueve.

(62) Estudiante: Profesora y ¿no serían nueve por ocho entonces?

(63) P: [REG<] No, no sé, mire a ver, hazte una explicación y con esa explicación pones una cuestión formal, pero como una inferencia lo que estás pensando, pero no yo no sé.

(64) Estudiante: [DEV<] Entonces las fuerzas de atracción serían solamente diez porque cada uno se atrae con el núcleo, porque el núcleo es sólo uno. En cambio ya cuando son diez entre ellos es cuando tenemos que hacer esa cuenta.

(65) Estudiante: Si, pueden haber 90.

(66) P: Que cada uno se repele con nueve, o sea por cada electrón tiene nueve fuerzas de repulsión.

(67) Estudiante: y tengo 10, entonces son 90.

¿Qué compromisos y acciones asumen los estudiantes en la clase?

En estos fragmentos de la clase se observa cómo los estudiantes se apropian de la realización de la tarea y asumen su rol en el juego didáctico. Algo particular que se observa en los turnos 50 a 52, es que algunos estudiantes todavía continúan usando la representación del modelo planetario y la profesora es enfática en que ese modelo no concierne en el momento para la actividad, ya que representa obstáculos, sobre todo en las representaciones que los estudiantes se deben hacer de las interacciones entre los electrones. Cabe resaltar que esta situación se repitió varias veces en la clase, quedando en evidencia que los estudiantes se resisten a usar el modelo mecánico-cuántico del átomo, aunque la profesora les exprese que es el adecuado. Pero se debe tener en cuenta que esa resistencia se puede explicar en términos de economía cognitiva ya que el modelo planetario es el que los estudiantes reconocen y han trabajado mayor tiempo.

Con respecto a usar el modelo mecánico-cuántico del átomo, cumple una doble función ya que concierne a los juegos de aprendizaje y a la parte epistémica del contenido (los estudiantes deben trabajar con el modelo actual, aprobado por la comunidad científica). Pero también se debe tener en cuenta que adoptar el nuevo modelo requiere de tiempo y de un trabajo insistente de la docente.

(52) P: No, yo quiero un átomo con orbitales atómicos.

En el anterior fragmento, a pesar de que la profesora asume una posición de imposición, que en un primer plano parece ser capricho personal de pedir al estudiante no usar el modelo planetario, en el fondo, este enunciado tiene un fuerte valor perlocutivo. Lo que dice la profesora y cómo lo dice, puede lograr plasmar en el estudiante una forma de proceder de acuerdo a lo pedido, ya que los estudiantes comprenden que no es solo porque a la profesora le parece mejor este modelo, sino que es el adecuado para los contenidos venideros. Para Brousseau (1996), la adición de un conocimiento al repertorio común de los protagonistas supone (exige) que sea reconocido (por ellos) que este conocimiento es válido, que servirá en otras ocasiones aún no conocidas, que será ventajoso entonces reconocerlo, y a menudo que será aceptado como verdadero fuera del círculo restringido de los protagonistas de las situaciones de origen.

En la clase anterior como ya se había mencionado antes, los estudiantes quedaron con la tarea de realizar la representación según el modelo mecánico-cuántico de un átomo seleccionado por cada uno; el estudiante de este episodio realizó la tarea, pero continúa usando el modelo de Bohr. Al respecto de lo anterior la profesora comenta en la entrevista 2.

P: “A ellos [los estudiantes] se les dificulta mucho entrar a asimilar y a crear sus esquemas mentales para un nuevo modelo de átomo, porque el pensamiento que tienen sobre el átomo es de una esfera de masa, o un volumen esférico de masa; pero para ellos los electrones son partículas girando alrededor de un centro, que es el núcleo. [---] En la mayoría de los grupos, o en todos, que uno les trabaja el modelo ya con la representación de los electrones como orbitales atómicos, y tú trabajas dos o tres secciones con ellos así y vas a la cuarta y les dices “Representéteme mediante un dibujo el átomo de berilio” por ejemplo, y ellos no... vuelven y dibujan... ellos no dibujan con orbitales atómicos, ellos dibujan otra vez la esferita describiendo órbitas, no con orbitales. Además mire que no es fácil para ellos, porque de todas maneras es un indicativo, creo yo, de con cuanta conciencia se asume lo que se aprende, porque ellos se dan cuenta de que sí, dibujan, y se dan cuenta; pero a la siguiente sesión ya vuelven al conocimiento previo”. (Entrevista 2, p. 2).

Estudios realizados por Driver (1986), Erickson (1980), Novak (1983), demuestran que las ideas básicas de las representaciones que tienen los alumnos se mantienen. A pesar del trabajo repetido sobre un concepto dentro del aula, los alumnos incluso cuando han estudiado y superado exámenes sobre determinadas teorías científicas, continúan sosteniendo ideas y explicaciones personales contrarias a las mismas.

Pasando a la forma de resolver el ejercicio por parte del estudiante de este episodio, encontramos en el turno 54 la tendencia de contar los electrones por pares: “*Si tengo diez electrones entonces tengo cinco de repulsión*”, pareciera que continuara en el estudiante la práctica trabajada en el tema distribución electrónica, en donde se ubican los electrones en cada orbital de forma apareada (pares con diferente spin). En este caso al pedirle al estudiante en otro contexto del átomo la relación entre electrones, regresa a sus conocimientos previos y los aplica a la nueva situación. Es aquí en donde se hace necesario que los estudiantes desaprendan y aprendan en contexto y la mediación de la profesora como guía y apoyo se hace imprescindible.

Ya en los fragmentos 59 y 63 encontramos que la profesora da la información al estudiante para la resolución de la tarea, pero al mismo tiempo le deja una parte de incertidumbre que

él debe resolver de acuerdo a su comprensión. Aquí se evidencia un topos reglador y cierta reticencia por parte de la profesora.

(59) P: [REG<] Entonces tomas uno de los diez, el 1s y los interacciona con los nueve, listo y uno de los 2s también con los otros nueve, y los 3s... Antes de saber si se multiplica piensa en esa imagen de esas interacciones.

(63) P: “Hazte una explicación y con esa explicación pones una cuestión formal pero como una inferencia”.

Cuando en este mismo segmento la profesora dice “*Antes de saber si se multiplica, piensa la imagen de esas interacciones*”, y “*hazte una explicación y con esa explicación pones una cuestión formal pero como una inferencia*”, esta invitación funciona como una especie de marco para una reflexión que puede ser: si está seguro de que está usando el análisis correcto, entonces debe demostrar que está aplicando adecuadamente ese método al modelo en estudio. Además, esta sugerencia que hace la profesora, va de la mano con “*pensar esas interacciones*” desde el modelo mecánico-cuántico. En estas dos intervenciones, se puede decir que la profesora asume una posición topogenética que invita a pensar a los estudiantes; más allá de dar solo la respuesta del ejercicio, se debe comprender el porqué. De acuerdo a Sensevy (2007), la gramática del juego didáctico supone que muchos de los enunciados del profesor tendrán que ser considerados, no tanto por la información que comportan, ni en la manera en que es suministrada, sino en lo que estos enunciados pretenden lograr a nivel de la acción del estudiante.

(66) P: Que cada uno se repele con nueve, o sea por cada electrón tiene nueve fuerzas de repulsión.

(67) Estudiante: y tengo 10, entonces son 90.

En el turno 66 la profesora suministra información clave al estudiante que se podría tomar como un efecto Topacio. En 67 la estudiante llega a la respuesta sobre el número de fuerzas de repulsión con la explicación y ayuda de la profesora.

Episodio 6

(68) Estudiante: Entonces no sé si estoy equivocada por lo que estábamos hablando acá [*con los compañeros*]. Yo tengo el helio ¿cierto? entonces tengo dos electrones, hay dos interacciones de repulsión.

(69) P: [REG<] ¿Por qué dos de repulsión?

(70) Estudiante: Porque los dos electrones se van a repeler este con este ¿cierto? son las mismas cargas, bueno. Y de atracción entonces como tengo en el núcleo dos protones y tengo dos electrones, cada electrón se va a atraer con cada protón.

(71) P: [REG<] ¿Por qué con cada protón? es que el núcleo no es un protón ¿Qué es el núcleo? el núcleo es una entidad, una totalidad, el núcleo no es un montón de protones por allá dispersos, el núcleo es una entidad porque es que si lo pones con cada protón entonces tú estás desbaratando el núcleo como una totalidad, lo está separando por protones y el núcleo no lo puede separar, es que el núcleo es una partícula, una totalidad, de esa totalidad se construye con tal número de protones y de neutrones.

(72) Estudiante: ¿O sea que de atracción solamente hay también dos?

(73) P: De atracción hay dos.

(74) Estudiante: Porque entonces los dos electrones se van a...

(75) P: Pero volvamos a la repulsión ¿si serán dos fuerzas de repulsiones?

(76) Estudiante: Eh una sola

(77) P: [REG] ¿Por qué una? porque para que haya repulsión o atracción deben de haber dos partículas. Para que puedas hablar de fuerza eléctrica o de energía eléctrica tienes que tener al menos dos partículas.

(78) Estudiante: Entonces es una sola de repulsión.

Lo significativo de este episodio y que se observó en varios estudiantes, es la tendencia de asumir el núcleo atómico como varias partículas (de acuerdo al número de protones), no como unidad; esto se muestra a continuación: (70) “*entonces como tengo en el núcleo dos protones y tengo dos electrones, cada electrón se va a atraer con cada protón*”. Estas concepciones de los estudiantes para asumir la tarea son aclaradas por la profesora (71), ya que los estudiantes continúan representado al átomo teniendo en cuenta el núcleo formado por un número x de protones y neutrones de acuerdo al modelo planetario de Bohr, pero en el modelo cuántico del átomo al hacer el cálculo de las fuerzas de atracción, el núcleo se considera como unidad.

En el turno 75 cuando la profesora dice: “*Pero volvamos a la repulsión ¿si serán dos fuerzas de repulsiones?*”, trata de volver a focalizar la atención sobre el aspecto inicial de discusión, de manera que las interpelaciones de la estudiante no desvíen la atención hacia otros tópicos del ejercicio.

Finalmente la estudiante da la respuesta esperada por la profesora, el helio tiene dos fuerzas de atracción (72) y una de repulsión (78). En el turno 77 la profesora le pregunta a la estudiante sobre el porqué de la respuesta anterior, y termina respondiéndose ella misma sin dar la oportunidad a la estudiante de expresar su opinión, pero también se puede entender esta intervención, como un complemento teórico que la profesora hace a la respuesta de la estudiante.

Aquí podríamos hablar de un movimiento cronogenético que le permite a la profesora pasar a otro grupo de trabajo, en el momento en que la estudiante llega a la respuesta esperada. En donde el apoyo de la profesora fue clave para que la estudiante aclarara el concepto de núcleo como unidad, que le sirvió en el momento para llegar al número de fuerzas de atracción en el átomo de He.

Episodio 7

(La profesora se dirige a otro grupo de trabajo)

(79) Estudiante: Profesora y para hacer el cálculo de las fuerzas de repulsión entonces ¿uno puede hacer el número de electrones por el factorial? porque si tuviéramos en mi caso ciento seis electrones, entonces uno va a repelerse con los demás ciento cinco, y otro va a repelerse con ciento cuatro porque ya hicimos la cuenta de que se repele con el primero.

(80) P: No, porque cada uno está interaccionando con los ciento cinco ¿Cuál es su número atómico?

(81) Estudiante: Ciento seis.

(82) P: Ciento seis. Cada uno está interaccionando con ciento cinco.

(83) Estudiante (*diferente al del diálogo*): Entonces sería multiplicar ciento seis por ciento seis.

(84) Estudiante: No, no.

(85) P: Tú fijas uno, porque para contar fijas uno, el 1s por ejemplo, 1s se va a repeler con los otros ciento cinco. Pero si fijas al 3p, también se va a repeler con ciento cinco, y si fijas un 5f también se va a repeler con ciento cinco. Todos se repelen lo mismo.

(86) Estudiante: Profesora sin embargo yo lo hacía con una analogía de un ejercicio que uno ha visto: Si en una fiesta hay noventa y nueve personas, ¿Cuántas posibles parejas van a haber? Como un factorial. Aquí los electrones cuantas veces se van a repeler entre sí porque las personas, volviendo al caso, una persona le va a dar la mano a noventa y ocho, y la persona número noventa y ocho se la va a dar a noventa y siete porque ya se la dio al otro.

(87) P: [REG<] Si, pero ese es en ese caso, pero es que el electrón no es así porque el electrón no es un objeto que estás filando, si estamos pensando que el electrón como orbital atómico es un objeto en movimiento con respecto al núcleo atómico y los electrones están en movimiento e interaccionando, entonces porque interacciona con este, con otro no. Porque cuando tú piensas la materia en esas dimensiones (*la profesora señala el tablero en donde están las características del electrón: masa, velocidad, carga eléctrica*) ¿tu tiempo es cuál? No se cómo lo va a poner, tú decides como lo pones lo que quiero significar es que todos se están repeliendo. Ya que tú lo tomes de modo formal es bien, entonces cual es la inferencia que haces para tenerlo de modo formal. Pero en la suposición debe tener presente de que todos los electrones están interaccionando con todos. Y no es de omitir, o sea que si este está interaccionando con aquel entonces ya ese no, porque el átomo como el modelo que me estoy imaginando es un modelo muy complejo, y eso parece muy sencillo pero eso es complejo...

(88) Estudiante: [DEV<] Entonces es tomar el electrón unitario interaccionando con la multitud, y así uno por uno.

En el turno 79 se observa que el estudiante está tratando de entrar en el juego de la autonomía en la solución de la tarea, calcular las interacciones de repulsión en el átomo seleccionado. Algo general encontrado, es que lo que hacen los estudiantes inicialmente es seguir sus propias lógicas, aplicando un razonamiento matemático. Esto podría ser considerado como un estilo de pensamiento que proporciona una forma de percibir y una manera de actuar. En este caso, el estudiante habla de la aplicación del factorial, pero aun así, no es clara la relación que hace con los electrones de acuerdo a este (factorial).

Este modo de abordar el ejercicio se puede ver como una resistencia del medio, en donde se hace imprescindible que la profesora realice una retroalimentación para que los estudiantes modifiquen la estrategia usada (80). Pero esta resistencia no es obvia para los estudiantes; es por ello que el trabajo de la docente consiste en ayudar a leer el medio. Según Brousseau (1986) los estudiantes tienen que encontrar un medio antagonista, una especie de resistencia a su acción, que es también una resistencia a la acción conjunta. Así, esta noción se refiere a la parte de los conocimientos que los estudiantes no pueden asimilar directamente, que se resiste a sus hábitos, y que les impide jugar el juego correcto. De hecho, al experimentar esta resistencia, los estudiantes tienen que encontrarse con su ignorancia, y la necesidad de una pieza específica de conocimiento que servirá de puente en esta "brecha de la ignorancia".

En el turno 83, se nota una particularidad en los estudiantes de contestar ligeramente sin prestar atención ni hacer aplicación de la información dada por la profesora. Uno de los estudiantes del equipo de trabajo que no es el vocero del diálogo con la profesora, responde "*Entonces sería multiplicar ciento seis por ciento seis*", en lugar de la respuesta correcta que

en este caso sería multiplicar ciento cinco por ciento seis. El estudiante está jugando a responder y trata de hacerlo rápido, pero sucede que generalmente se incurre en errores, ya que los estudiantes tienden a quedarse con la primera impresión que se hacen de la situación, sin antes analizarla.

En el fragmento 86 el estudiante no queda satisfecho con la respuesta de la profesora (85), por tanto vuelve a imponer su modelo. Se nota aquí que se resiste a aplicar el modo de proceder explicado por la docente, e insiste en el ejemplo sobre el funcionamiento de contar los saludos entre personas (tangible, material), y lo relaciona con la forma de contar las interacciones electrónicas en el átomo (abstracto). Es aquí en donde se hace más claro que la experiencia que los estudiantes traen, es de relacionarse a través de los sentidos y de modo directo con los fenómenos y todo lo pretenden acomodar a esa realidad.

En el turno 87 se evidencia que la respuesta de la profesora no es realmente orientadora, esto se puede deber a la limitante teórica y matemática de los estudiantes para entender el modelo, pero en el fragmento anterior (84), ya se había dado un indicio importante al estudiante del factor que debía tener en cuenta para la solución de la tarea; es probable que el estudiante requiriera de más tiempo y otras actividades para que se evidencie comprensión del ejercicio. Al final del episodio, en el turno 88, se puede ver cómo los estudiantes tienen que construir otra relación de análisis para resolver el ejercicio y no pueden hacerlo solos, esto se devela cuando el estudiante responde: *“Entonces es tomar el electrón unitario interaccionando con la multitud, y así uno por uno”*. Quedando claro que la supervisión del profesor y el trabajo de andamiaje que realiza es fundamental para conseguir que los alumnos logren evolucionar el medio, y a su vez esta regulación permite que los estudiantes se resistan a hábitos de trabajo no acertados en la solución de la tarea.

Algo importante y que se debe tener claro, es que la intención de la profesora con esta actividad es lograr que los estudiantes además de contar las fuerzas de interacción, sepan leerlas de acuerdo al modelo mecánico-cuántico del átomo. Lo anterior se evidencia cuando dice en 87 *“Ya que tú lo tomes de modo formal está bien, entonces cual es la inferencia que haces para tenerlo de modo formal. Pero en la suposición debe tener presente de que todos los electrones están interaccionando con todos”*. A este respecto, en la entrevista 3, p. 1, (Autoconfrontación) la profesora dice: *“la idea no es tanto contar las fuerzas de interacción,*

sino que aprendan a leerlas, es muy importante que los estudiantes aprenden a percibir que el problema de los electrones no son puntos, y ese es el interés, no son puntos; no son partículas puntuales en el átomo”.

Finalmente se trabaja este momento interactivo de la profesora con otro estudiante del grupo.

Episodio 8

- (89) Estudiante: Yo creo que en el átomo de carbono la cantidad de repulsiones son quince.
- (90) P: ¿Repulsiones? ¿Crees que son quince?
- (91) Estudiante: Sí, pero no sé expresarlo de la manera correcta.
- (92) P: [REG<] ¿Por qué quince? explíqueme por qué quince en el carbono.
- (93) Estudiante: En el carbono ¿Cómo lo dijera? aquí tengo el átomo...
- (94) P: La representación del átomo, sí.
- (95) Estudiante: Aquí tengo un núcleo, aquí tengo...
- (96) P: El orbital 1s.
- (97) Estudiante: 1s, 2s y vamos a poner aquí el...2pz, ese es 2pz, se construye con dos electrones.
- (98) P: Sí, entonces este electrón se va a repeler con este, con estos y con estos (*la profesora señala la distribución electrónica de ese átomo, que hizo el estudiante*)
- (99) Estudiante: Entonces éste se va a repeler con cinco.
- (100) P: Con cinco. Éste se repele con cinco y este con cinco y este con cinco. Cada uno se repele con cinco.
- (101) Estudiante: Y son seis, seis por cinco treinta, y yo decía quince. Yo estoy haciendo otra cosa. Estoy repetiendo repulsiones ¿en treinta, no se está repitiendo...?
- (102) P: [REG<] ¿Quién se está repitiendo? ¿Cuál?, No pero es que este es un electrón y este es otro. Los electrones 1s son dos, hay dos electrones que los estoy nombrando 1s, entonces cada uno se repele con cinco. Otro 1s se repele con cinco, porque si no estás volviendo los dos a uno y el átomo de carbono es con seis electrones.
- (103) Estudiante: ¿De esa manera no estaría contando las repulsiones dos veces?
- (104) P: ¿Por qué? ¿Cuáles dos veces?
- (105) Estudiante: Supongamos que tenemos cinco ¿sí? luego este también interacciona con cinco, estoy diciendo que éste se repele con éste, estos dos y estos dos, y después estoy diciendo que éste se repele con éstos incluyendo éste. Estoy contando estos de más porque estoy contando cuando éste se repele con éste y luego cuando éste se repele con éste.
- (106) P: Sí, pero eso lo puedes hacer. Claro.

(107) Estudiante: Y por eso yo decía que quince, porque estaba diciendo que éste se repelía con este.

(108) P: [REG<] Pero esa es una consideración que tú quieres escribir.

(109) Estudiante: Pero luego estoy diciendo que no lo puedo volver a escribir porque ya éste se repelió con éste.

(110) P: [REG<] Ah bueno, listo entonces si lo va a considerar así escríbalo.

(111) Estudiante: Yo estoy haciendo una analogía así, que cuando yo tenía este 1s se repelía con este 2s que era el que le faltaba y estos otros dos. Luego ese mismo, pero mire que este se repelía con el que estaba arriba y estos dos. Más no con los...

(112) P: Sí, está bien, y la explicación que da, y otros que están contando esa misma... entonces es otra opción de contar.

(113) Estudiante: Entonces ¿Está bien decir quince?

(114) P: [REG<] Sí, pero explíquelo.

(115) Estudiante: Lo voy a explicar.

El estudiante de este episodio hace un esfuerzo por utilizar el léxico y los símbolos que representan la posición de los orbitales en el átomo (97): “*2pz, ese es 2pz, se construye con dos electrones*”. Lo anterior se puede considerar como un indicador mesogénético interesante, ya que los estudiantes se apropian del lenguaje químico y lo usan adecuadamente. Esto hace parte del proyecto didáctico de este curso, que además de desarrollar los contenidos, es lograr que los estudiantes adopten nuevas representaciones, nuevas palabras, nuevos símbolos. Al respecto la profesora dice:

“Si el estudiante no captura nuevas representaciones y nuevas palabras o digamos nuevo lenguaje, eso se queda en palabras que se repiten, y símbolos que se repiten; pero no hay significado para las palabras ni para los símbolos; y yo creo que en eso los estudiantes si logran avanzar, entonces esa es la representación en sus diversos modelos, ya sea como dibujo, como símbolo, como palabra; como un gráfico; eso es fundamental irse apropiando de todo eso, que es la manera de leer significados y aprender significados, de reconstruirlos, de apropiarse de ellos. Y ese significado es una construcción que se hace en el día a día, eso no se logra de una, eso hay que trabajarlo un buen rato para que los estudiantes logren capturar por lo menos de modo adecuado una aproximación interesante para los niveles donde ellos van a seguir de los cursos.” (Entrevista 2, p. 5). (Anexo 3).

Con respecto a la lectura del ejercicio ocurre algo curioso en este episodio, y es que el estudiante inicialmente dio una respuesta de la solución del ejercicio:

(89) Estudiante: Yo creo que en el átomo de carbono la cantidad de repulsiones son quince.

Pero cuando explica a la profesora de dónde sacó la respuesta, hace un análisis que lo lleva a otro resultado.

(101) Estudiante: Y son seis, seis por cinco treinta, y yo decía quince. Yo estoy haciendo otra cosa. Estoy repitiendo repulsiones ¿en treinta, no se está repitiendo...?

Según el estudiante, está repitiendo repulsiones entre los electrones que ya había contado. La nueva explicación que da el estudiante a la profesora sobre la manera de contar, es semejante a la del compañero anterior, cuando habla de la analogía de las personas saludándose en la fiesta (111).

A pesar de que el estudiante insiste en su forma de interpretar el ejercicio, en el turno 118, la profesora asume una posición topogenética importante con una expresión interesante: "*Si lo va a considerar así escríbalo*". Esto funciona como una especie de marco para una inferencia que puede ser: si está seguro de que su lectura es correcta, entonces lo debe argumentar.

En el turno 108, la profesora le aclara al estudiante que el análisis que está haciendo del ejercicio es una apreciación personal. El estudiante insiste en que no se debe tener en cuenta las repulsiones que ya se contaron (109); en este momento de la clase se está negociando el significado de la tarea. Este diálogo se muestra a continuación.

(108) P: Pero esa es una consideración que tú quieres escribir.

(109) Estudiante: Pero luego estoy diciendo que no lo puedo volver a escribir porque ya éste se repelió con ése.

(110) P: [REG<] A bueno, listo, entonces si lo va a considerar así escríbalo.

(113) Estudiante: Entonces ¿Está bien decir quince?

(114) P: Sí, pero explíquelo.

(115) Estudiante: Lo voy a explicar.

Aquí se evidencia la tendencia de los estudiantes de jugar el juego de aprendizaje haciendo uso de los conocimientos que ellos han reconocido como los conocimientos en juego. Algunos de estos movimientos les permiten ir más allá de las situaciones planteadas y proponer otras formas de interpretar el ejercicio. En este caso los requisitos de la situación didáctica pueden cambiar, esto se evidencia en el momento en que la profesora acepta al estudiante su respuesta, siempre y cuando la explicita (114). Estas situaciones en la clase revelan el tipo de dialéctica que se construye entre el profesor, los estudiantes y el medio, además, permite comprender la acción didáctica conjunta y de qué manera los estudiantes se

acercan o se alejan de los conocimientos en juego y cómo la profesora sortea estas situaciones.

Es importante mencionar que dentro del contrato didáctico de esta clase, es común que los estudiantes reelaboren las tareas y las corrijan con la supervisión de la profesora, este trabajo se hace en el tiempo de asesorías. Según la docente, estas reelaboraciones en general, los estudiantes las trabajan bastante bien; en palabras de la profesora extraídas de la Entrevista 1, p. 11: *“las trabajan mucho y cuando no entienden preguntan hasta hacerla bien y ahí si entregan”*. Esta revisión de trabajos, brinda una oportunidad adicional al estudiante de desaprender concepciones y formas de proceder equivocadas en la realización de las tareas, quices y parciales, aspecto fundamental en la construcción conjunta de significados que enriquece el trabajo en esta aula.

Respecto a la solución del ejercicio en la entrevista de autoconfrontación la profesora dice:

“La intención es dejarlos que ellos se den cuenta que cada electrón interacciona con los demás. Ya en el modelo más tratado física y matemáticamente, lo que se hace es una sumatoria de la totalidad de las interacciones y en esa totalidad no interesa si el referente es por ejemplo 2s o 5s sino que haya una interacción entre 2s y 5s; entonces es muy importante que ellos perciban esas situaciones, porque eso es lo que les va, digamos, conformando su percepción sobre el modelo atómico mecano-cuántico, porque les va configurando que no tienen electrones puntuales, que no tienen repeticiones, que es otro modo de pensar la estructura atómica”. (Entrevista 3, p. 1) Autoconfrontación. (Anexo 3).

La dupla devolución regulación y las transacciones didácticas en la co-construcción de conocimiento en esta clase.

Este trabajo ha optado por la postura de explorar los gestos de *devolución* de los estudiantes en la clase y la consecuente *regulación* por parte del profesor, acciones que conciernen particularmente a la dimensión conjunta de las *transacciones didácticas* y que nos permiten entender cómo se co-construye el conocimiento en el aula. En la tradición heredada de Austin (1962) se atribuye la transacción al efecto perlocutivo de una declaración particular, y no a una declaración producida por un conjunto de sentencias. Sin embargo, el análisis de este estudio ha mostrado que gracias a un conjunto de situaciones que involucran *procesos de regulación y andamiaje*, el profesor logra que los estudiantes actúen en el medio didáctico hasta conseguir *acciones de aprendizaje* que apuntan a la recepción/interpretación, producción/transformación, comunicación/metacognición de saberes en la clase. Siendo

precisamente esas acciones o transacciones del saber lo que es necesario describir, para comprender cómo ocurre la co-construcción del conocimiento en esta aula. Para dicho cometido nos centramos en ciertos momentos de la clase que dan pistas de cómo transita el saber, orientándonos en cuatro aspectos fundamentales que son: los conocimientos en juego (contenido epistémico), los juegos de aprendizaje y sus reglas, los roles asumidos por los actores (momentos de la dupla DEV-REG) y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Como se muestra en la gráfica y se especifica en la tabla 10 del siguiente apartado.

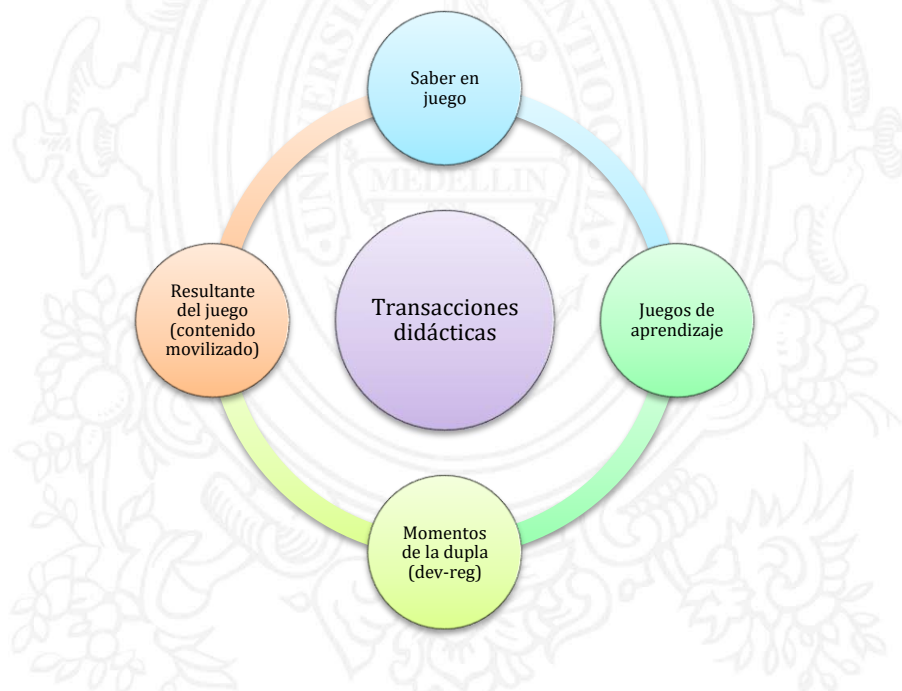


Figura 10. Sistema de descripción de las transacciones didácticas.

Tipos de actividad de aprendizaje y procesos de regulación y devolución en esta clase

En esta clase que corresponde al primer peldaño de la unidad temática, las tareas propuestas alternan actividades en las cuales los estudiantes están centrados principalmente en una postura de recepción/interpretación de los conocimientos por medio de lecturas de documentos de estudio, combinados con el discurso y simulación que hace la profesora para lograr un primer acercamiento de los estudiantes con el tema (Ep.1, 2, 3).

Se puede decir que los procesos de regulación llevados a cabo en esta aula, están ligados a una secuencia de andamiaje a modo de apoyos de la profesora a los estudiantes, para lograr

que estos construyan sus saberes. En estos procesos la profesora recurre al conocimiento previo de los estudiantes por medio de sus preguntas, y al mismo tiempo se vale de las dudas y aportes de los alumnos en los diálogos que se generan. En la segunda fase de la clase, los estudiantes realizan un ejercicio que implica hallar el número de fuerzas de atracción y de repulsión de un átomo seleccionado, en donde se observa que eventualmente llegan a la respuesta esperada pero con la mediación de la profesora (Ep.4, 5, 6, 7, 8). Para esta clase los estudiantes también elaboran un dibujo del átomo mecánico-cuántico, pero a modo de ejercicio indicado por la profesora. Todavía no se observan actuaciones de producción/transformación y de comunicación/metacognición de conocimientos, en parte porque los estudiantes recién se están familiarizando con el tema y dinámicas de trabajo de esta aula.

En general se puede decir que la profesora proporciona una guía y apoyo en la búsqueda de la solución de la tarea con diversas reacciones y actuaciones por parte de los estudiantes (devolución), que se evidencian en la descripción de los episodios transcritos. Estas acciones se describen en la siguiente tabla, centrándonos en ciertos momentos de la clase que dan pistas de cómo transita el saber en el aula. Para ello nos orientamos en cinco aspectos fundamentales que son: los conocimientos en juego (contenido epistémico), los juegos de aprendizaje y reglas de juego, los roles asumidos por los actores (momentos de la dupla), ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje, y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Como se muestra a continuación:

Cocimientos en juego: Modelo mecánico-cuántico del átomo, orbital atómico, interacciones eléctricas de atracción y de repulsión, carga nuclear efectiva.			
Juegos de aprendizaje y reglas del juego	Momentos de la dupla DEV-REG	Ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje	Resultante del juego en términos del contenido movilizado
Juego 1: Esquema pregunta/respuesta/validación	(6) P: Que estamos percibiendo al aumentar la velocidad? (<i>movimientos del cable</i>) (7)Estudiante: Si usted aumenta la velocidad de su objeto perdemos la posición del objeto.	Los electrones en movimiento “crean” un espacio, el orbital. El espacio que construyen la totalidad de	Los estudiantes inicialmente observan el círculo, el radio, el área de un círculo, para finalmente llegar a la

<p>Reglas de juego</p> <p>-Seguir el discurso de la profesora.</p> <p>-Prestar atención a la simulación (movimientos cable)</p>	<p>(18) P: ¿El espacio será esta cuerda en sí misma? o ¿tengo otro espacio?</p> <p>(19) Estudiante: No, el que está ocupando la punta en el instante de...es el radio.</p> <p>(21) Estudiante: Un círculo, el área del círculo</p> <p>(23) Estudiantes: Una esfera</p>	<p>los orbitales atómicos es esférico.</p> <p>Entonces yo tengo que aprender a percibir en volumen esférico porque es el que me está representando realmente al átomo.</p> <p>Los orbitales son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo y los electrones.</p> <p>En este momento el problema es de interacciones</p>	<p>respuesta esperada sobre la <i>forma esférica del átomo</i>.</p>
<p>Juego 2: Dibujar el modelo mecánico-cuántico del átomo</p> <p>Regla de juego</p> <p>-Hacer uso del modelo mecánico-cuántico del átomo en las tareas.</p>	<p>(27) P: =Muéstreme ese dibujo Judith (Se refiere al dibujo del átomo de acuerdo al modelo cuántico del átomo). Miren el dibujo que hizo Judith, bastante bueno y significativo este dibujo si le pongo mi conocimiento.</p> <p><i>(La profesora se acerca a un estudiante a resolver una duda, le mira el cuaderno y le dice)</i></p> <p>(50) P: No, no me dibuje ese átomo. Yo hablo con otro modelo, no estamos funcionando con el modelo planetario.</p> <p>(51) Estudiante: ¿No?</p> <p>(52) P: No, yo quiero un átomo con orbitales atómicos.</p> <p>(53) Estudiante: Listo profesora, mire este.</p>	<p>Ese dibujo es significativo si le pongo mi conocimiento.</p> <p>Yo quiero un átomo con orbitales atómicos</p>	<p>Los estudiantes tratan de hacer uso de la representación del modelo atómico actual en sus tareas. Pero la profesora insiste sobre el mismo asunto repetidas veces con varios estudiantes que siguen usando el modelo planetario.</p>
<p>Juego 3: Hallar el número de fuerzas de atracción y de repulsión en un átomo.</p>	<p>(30) Estudiante: La interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones.</p> <p>(39) P: Sí, esos dos se repelen y cada uno a la vez con todos, como estas diciendo, sí, esa idea está bien.</p> <p>(54) Estudiante: Entonces si tengo diez electrones, tengo cinco que son de repulsión.</p>	<p>La interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones.</p> <p>Tú fijas uno, porque para contar fijas uno, el 1s por ejemplo, 1s se va a repeler con los otros</p>	<p>La mayoría de los estudiantes hacen el cálculo de las fuerzas de atracción y aplican esta lógica (La interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones).</p>



<p>Reglas de juego</p> <p>-Tomar al núcleo como unidad</p> <p>Regla de juego</p> <p>-Tener en cuenta de que cada electrón interacciona con todos los demás y así sucesivamente.</p> <p>Regla de juego:</p> <p>Argumentar porque se asume otra manera de jugar el juego.</p>	<p>(57) P: Y ¿Por qué? no, porque si tienes diez electrones entonces el núcleo interacciona atractivamente con cada uno de los electrones</p> <p>(68) Estudiante: Yo tengo el helio, tengo dos electrones, cada electrón se va a atraer con cada protón.</p> <p>(71) P: [REG<]¿Por qué con cada protón? es que el núcleo no es un protón ¿Qué es el núcleo? el núcleo es una entidad, una totalidad,</p> <p>(86) Estudiante: Profesora sin embargo yo lo hacía con una analogía de un ejercicio que uno ha visto: Si en una fiesta hay noventa y nueve personas, ¿Cuántas posibles parejas van a haber? Como un factorial. Aquí los electrones cuantas veces se van a repeler entre sí porque las personas, volviendo al caso, una persona le va a dar la mano a noventa y ocho, y la persona número noventa y ocho se la va a dar a noventa y siete porque ya se la dio al otro.</p> <p>(87) P: [REG<] Si, pero ese es en ese caso, pero es que el electrón no es así porque el electrón no es un objeto que estás filando, si estamos pensando que el electrón como orbital atómico es un objeto en movimiento con respecto al núcleo atómico y los electrones están en movimiento e interaccionando, entonces porque interacciona con este, con otro no.</p> <p>(103) Estudiante: ¿De esa manera no estaría contando las repulsiones dos veces?</p> <p>(104) P: ¿Por qué? ¿Cuáles dos veces?</p> <p>(105) Estudiante:...estoy contando estos de más porque estoy contando cuando éste se repele con éste, y luego cuando éste se repele otra vez con éste.</p> <p>(110) P: A bueno, listo entonces si lo va a considerar así escríbalo.</p>	<p>ciento cinco. Pero si fijas al 3p, también se va a repeler con ciento cinco, y si fijas un 5f también se va a repeler con ciento cinco. Todos se repelen con todos.</p> <p>El núcleo es una entidad, una totalidad.</p> <p>Los electrones están en movimiento e interaccionando, con todos los demás (porque interacciona con éste, con este otro)</p>	<p>Con respecto al cálculo de las fuerzas de repulsión, la mayoría de los estudiantes resuelven el ejercicio usando sus propias lógicas, generalmente conocimientos matemáticos, y cuentan los electrones como partículas puntuales.</p> <p>Al final los estudiantes solucionan la tarea pero haciendo uso de las pistas dadas por la profesora.</p> <p>El concepto de carga nuclear efectiva no se estabiliza lo mismo que el cálculo del número de fuerzas de atracción</p> <p>El estudiante propone hacer uso de un procedimiento matemático (el factorial), para la solución del ejercicio.</p> <p>Postura de contradicción frente al problema. El estudiante expone su forma de hacer el cálculo de las fuerzas de repulsión en el átomo y va a justificarla.</p>
---	--	---	--

Tabla 10. Conocimientos en juego, juegos de aprendizaje, roles asumidos por los actores, enunciados construidos y la resultante del juego en términos del contenido movilizado.

Sesión 1.

En la primera fase del juego (juego 1), se parte de un esquema pregunta/respuesta/validación en donde la profesora formula preguntas con el fin de orientar la acción del estudiante. La profesora utiliza la reticencia didáctica, hasta lograr llevar a los estudiantes a la perspectiva deseada de observación de los movimientos del cable a diferentes velocidades y en los planos x , y , z . Por su parte los estudiantes tratan de adaptarse al juego prestando atención e intentando comprender las acciones de la profesora, para dar respuesta a sus preguntas y formular las inquietudes que surgen de los movimientos del juego. Como lo muestra la tabla, los enunciados y consignas resultantes de este juego dialéctico van construyendo el contenido transaccional (*“Los orbitales son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo y los electrones”, “El espacio que construyen la totalidad de los orbitales atómicos es esférico”, “En este momento el problema es de interacciones”*). También la profesora encamina el trabajo de los estudiantes con ideas claves del proyecto didáctico ((27) *P: Miren el dibujo que hizo Judith, bastante bueno y significativo este dibujo si le pongo mi conocimiento”, (52) P: No, yo quiero un átomo con orbitales atómicos”*).

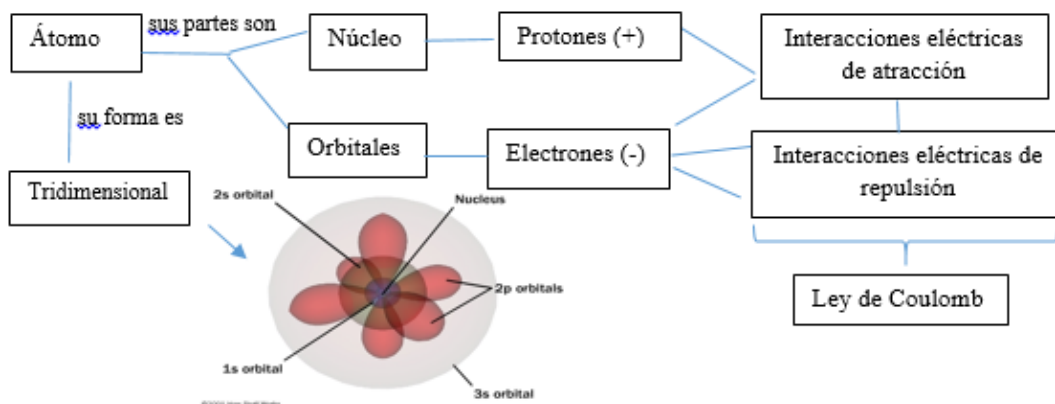
En el juego 2, en algunos momentos se observan evidencias de movilización del contenido pero en otros se da un juego de autonomía en donde los estudiantes aplican sus propias lógicas ((86) *E: Profesora sin embargo yo lo hacía con una analogía de un ejercicio que uno ha visto: Si en una fiesta hay noventa y nueve personas, ¿Cuántas posibles parejas van a haber? Como un factorial. (103) E: ¿De esa manera no estaría contando las repulsiones dos veces?*). Con respecto al avance del contenido no se logró estabilizar el concepto de carga nuclear efectiva, lo mismo que el cálculo del número de fuerzas de atracción. Tal vez se requiera de más tiempo para interactuar con los saberes en juego (siguientes sesiones), o de otras estrategias de enseñanza y de aprendizaje como se especifica más detalladamente en los análisis de cada episodio. Pero en general se puede decir que estos intercambios promovieron la construcción de contenido en el aula.

Para finalizar y concluir esta sesión de clase, a continuación se pasa a dar cuenta de los procesos didácticos (Sensevy 2007), que complementan la información de la tabla anterior, ya que permiten describir cómo se moviliza el saber por esta aula, a partir de un formato de interacción/transacción, centrándonos específicamente en el medio, los roles y los tiempos en el enseñar y el aprender. Es así como por medio de la mesogénesis se logra identificar el

avance del contenido epistémico como la manifestación de las transacciones didácticas. Esta revela cómo evoluciona el medio didáctico y si los contenidos van emergiendo y se van modificando a medida que transcurre la clase. La topogénesis permite identificar la manera en que el contenido se distribuye entre los actores de la clase, se trata de observar, a partir de cuáles comportamientos y acciones, se pueden analizar los momentos de adaptación y aproximación a los objetos de aprendizaje. Y la cronogénesis se concibe como una progresión que se constituye por los cambios de juego, procesos que tienen lugar cuando el profesor o los alumnos hacen avanzar el medio didáctico.

¿Qué avances a nivel mesogenético, topogenético y cronogenético se lograron en esta clase?

A nivel mesogenético se hace uso de un medio discursivo en donde la profesora define el modelo mecánico-cuántico del átomo. Este contenido se va construyendo a partir de una visión dinámica a través de diferentes ideas y conceptos: movimiento del electrón, orbital, interacción eléctrica. En paralelo se hace una simulación con el proyecto de incluir un elemento importante del modelo mecánico-cuántico desarrollado durante la primera fase de la clase: **los electrones en movimiento “crean” un espacio al girar alrededor del núcleo.** Para ello se usa un medio de representación más que discursivo. Luego se introduce la noción de carga eléctrica y Ley de Coulomb al tejido conceptual del modelo atómico en estudio, lo que anticipa el objeto didáctico a venir con las nociones de interacción eléctrica de atracción y de repulsión. De esta manera, la profesora interrelaciona los elementos constituyentes del átomo: **núcleo** (que contiene **protones (+)**) y los **electrones (-) interaccionado** con el núcleo, como se grafica a continuación:



Centrándonos en la primera fase de la clase (Ep.1, 2, 3), se puede decir que a nivel mesogenético la demostración que realiza la profesora con el cable en el episodio 2, tuvo gran valor en la clase, ya que favoreció que los estudiantes se hicieran ciertas representaciones que los acercaron a la comprensión de temas que tienen un componente abstracto (22). En esta clase podemos decir que la simulación que la profesora propuso le permitió un avance mesogenético de la clase, en el momento en que los estudiantes llegan a la respuesta de la forma esférica del átomo.

La caracterización topogenética de este juego de aprendizaje nos permite entender cómo la profesora progresivamente asume más responsabilidad en las transacciones didácticas. Desde un topos regulador cuando simplemente pregunta (5), “¿Qué están viendo en este momento?”, se llega a una posición topogenética importante cuando con los movimientos del cable intenta explicar a los estudiantes la forma tridimensional del átomo, (24) “Ahora yo puedo ponerlo en este plano, plano x, z, plano z, y; aquí estoy en el plano x, z, pero yo puedo hacer esto (la profesora mueve el objeto en tres planos). Ya no estoy en el plano x, z ya estoy en plano ¿qué?”. Este movimiento de la profesora fue clave en la consecución de uno de los objetivos de la actividad.

Con respecto a los estudiantes, se observa que tratan de entrar en el juego del saber y asumen su rol prestando atención y respondiendo a la profesora lo que comprenden de la simulación. Además se nota que tratan de encontrar pistas en el modo de proceder de la docente, por ejemplo, muchos de ellos han notado que para la profesora es muy importante la participación en clase, siendo una constante en la mayoría de las sesiones grabadas, que la profesora realice

preguntas y espere la respuesta de los estudiantes. Es así como en esta aula constantemente se crean contextos donde se favorecen los intercambios dialógicos en donde la profesora incita a los estudiantes a reflexionar, pidiéndoles que justifiquen las soluciones o respuestas que aportan, favoreciendo así la negociación de significados de los conocimientos en cuestión.

Cronogenéticamente se da un movimiento importante en el instante en que los estudiantes llegan a la respuesta esperada (22) sobre la forma esférica del átomo, ya que esto permite a la profesora pasar a otro momento de la clase con nuevas actividades y dinámicas de trabajo.

En resumen se puede decir que en los tres primeros episodios los movimientos mesogenéticos (llegar a la respuesta esperada) y topogenéticos (roles y acciones de la profesora y los estudiantes), confluyen en avances en la clase que se manifiestan en el tiempo didáctico, es decir la cronogénesis, poniéndose esto de relieve en el momento en que la clase avanza y se pasa a otra fase de la clase con nuevas tareas.

Con respecto a la última actividad (fase dos), sobre hallar el número de fuerzas eléctricas de atracción y de repulsión en un átomo (Ep.4, 5, 6, 7 y 8), no se evidencia en algunos casos evolución mesogenética aparente. Aunque algunos estudiantes llegaron a la respuesta esperada, se observó que en la mayoría de los casos se debió a la información dada por la profesora, y la tarea de los estudiantes consistió en encontrar el factor de multiplicación, (Ep. 5 (66) P: *Que cada uno se repele con nueve, o sea por cada electrón tiene nueve fuerzas de repulsión.* (67) Estudiante: *y tengo 10, entonces son 90*, Ep. 6 (69) P: *¿Por qué dos de repulsión?* (78) Estudiante: *Entonces es una sola [fuerza] de repulsión*, Ep. 7 (80) P: *No, porque cada uno está interaccionando con los ciento cinco*, (88) Estudiante: *Entonces es tomar el electrón unitario interaccionando con la multitud, y así uno por uno*. En estos casos se observa un efecto Topacio, ya que la profesora suministra la información y el razonamiento para la solución del ejercicio.

A nivel topogénético se puede decir que a pesar de que la profesora tiene la intención de deconstruir en los alumnos unos conocimientos y construir otros, se observa que la mayoría de los estudiantes trasladan conocimientos previos de matemáticas (“factorial”) y física, (“movimiento en forma de onda”) para dar solución a otro tipo de sistema (cuántico). La

profesora se da cuenta que algunos de los estudiantes que le preguntan sobre el número de fuerzas de repulsión, realizaron el mismo análisis (analogía que relaciona el ejercicio de clase con los saludos de las personas en una fiesta). Aquí se evidencia que los estudiantes cuentan las interacciones entre los electrones de igual manera como cuentan los objetos puntuales, relacionando el comportamiento de la materia a escala cuántica, con los cuerpos mirados desde la física clásica. Está en una constante que se observa en la mayoría de los estudios empíricos a nivel de secundaria y se ha comprobado que estas formas de proceder continúan en los estudiantes de los primeros semestres de la universidad (Solbes & Sinarcas, 2010).

Pero se puede decir también que el proyecto didáctico de la actividad, es que los estudiantes aprendan a leer las interacciones electrónicas en el átomo, ya que en algunos momentos parece que la profesora no se centra necesariamente en el resultado del cálculo, sino en el análisis que hacen los estudiantes para llegar a la respuesta (esto se verificó en la entrevista 3 y se comentó en el episodio 7 y 8). Lo dicho anteriormente se muestra además en el episodio 5, (59) cuando la profesora invita al estudiante a pensar en la imagen de las interacciones antes de dar la respuesta, o cuando le acepta al estudiante otra respuesta siempre y cuando la argumente (Ep.8:110). Aun así en esta parte de la clase los estudiantes asumieron su rol en el contexto del juego didáctico. Asumir este rol conlleva a ciertos desplazamientos en la mesogénesis y en la cronogénesis ya que la profesora puede constatar algunos avances en el alcance de los logros y los objetivos propuestos para la clase.

Cronogenéticamente la clase se termina porque son las 10 am. Pero se puede decir que algunas de las actividades y dinámicas de la clase, los estudiantes manifestaron incorporación de saberes en esta aula.

Sesión 2

Tema: Átomos, moléculas mononucleares y polinucleares, interacciones fundamentales, carga nuclear efectiva.

Fecha de la clase: 28/08/2014

Duración de la clase: 1:45 minutos

En esta clase la profesora inicia haciendo preguntas sobre temas vistos en sesiones anteriores, luego los estudiantes realizan un ejercicio de aplicación en donde deben tener claros algunos de los conceptos trabajados previamente, y repasados en esta sesión. Las acciones docentes están centradas en un formato de interacción dialógica que deriva en transacciones didácticas, estas transacciones se pueden concebir con su topogénesis, es decir la acción del profesor es hacer preguntas sobre el tema y la acción del estudiante es responderlas. En el transcurso de la secuencia se evidencia que algunas de estas interacciones pasan a ser transacciones con respecto al saber, es decir, se elabora una topogénesis experto-novato hacia comunidad de práctica/significados, en donde la profesora corrige y reformula constantemente, lo que implica que es ella quién es el referente experto sobre la validez del discurso. Aun así, en algunos episodios de esta secuencia se encuentran respuestas pertinentes de algunos de los estudiantes sobre los conceptos trabajados en la clase (átomos y moléculas), que conllevan a la apropiación de nuevos saberes. También se observan dificultades para la estabilización de nociones como es la carga nuclear efectiva, y su relación con las fuerza de atracción en el átomo.

Principales actividades de la clase

Fase	Duración	Descripción y función	Relación de episodios
1 Sesión de preguntas de la profesora a los estudiantes.	60 minutos	Los estudiantes están organizados en mesa redonda y la profesora les hace preguntas sobre conceptos ya trabajados: átomo, molécula, interacciones eléctricas de atracción y repulsión, carga nuclear etc.	Episodios 1,2,3,4,5,6,7,8,9

2			
Tarea	45 minutos	Los estudiantes resuelven una tarea: Escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción en el átomo de hierro.	Episodios 10,11,12,13,14

Tabla 11. Principales actividades de la clase (sesión 2).

Sinopsis de la primera fase de la clase

A esta fase le corresponden los episodios del 1 al 9

A nivel del medio en esta primera fase, la profesora trata con su discurso construido en parte por los estudiantes, aclarar conceptos importantes para la realización de un ejercicio trabajado en el segundo momento de la clase. El discurso se da en torno a los conceptos: átomo, molécula, interacciones eléctricas (de repulsión y de atracción), y carga nuclear efectiva. Este primer juego que concierne a la memoria didáctica a través de un esquema de pregunta/respuesta/validación, se puede definir como costumbre de acción en esta aula y como una forma particular de juego de aprendizaje, en donde la característica principal del medio es el contexto cognitivo común.

Se puede decir que la mayoría de los estudiantes tienen claros los conceptos básicos del átomo. Pero se observan dificultades en el cálculo de las fuerzas de atracción y repulsión, lo mismo que en la comprensión del concepto carga nuclear efectiva, a pesar de que estas nociones se habían trabajado en la clase anterior. A continuación se presenta una gráfica a modo de resumen, en donde se especifica el contenido epistémico que hace parte del medio en esta sesión, el rol de la profesora (Topo P) y los estudiantes (Topo E) y los avances en el tiempo didáctico de la clase (crono).



Sesión 2: Átomos, moléculas mononucleares y polinucleares, interacciones fundamentales, carga nuclear efectiva

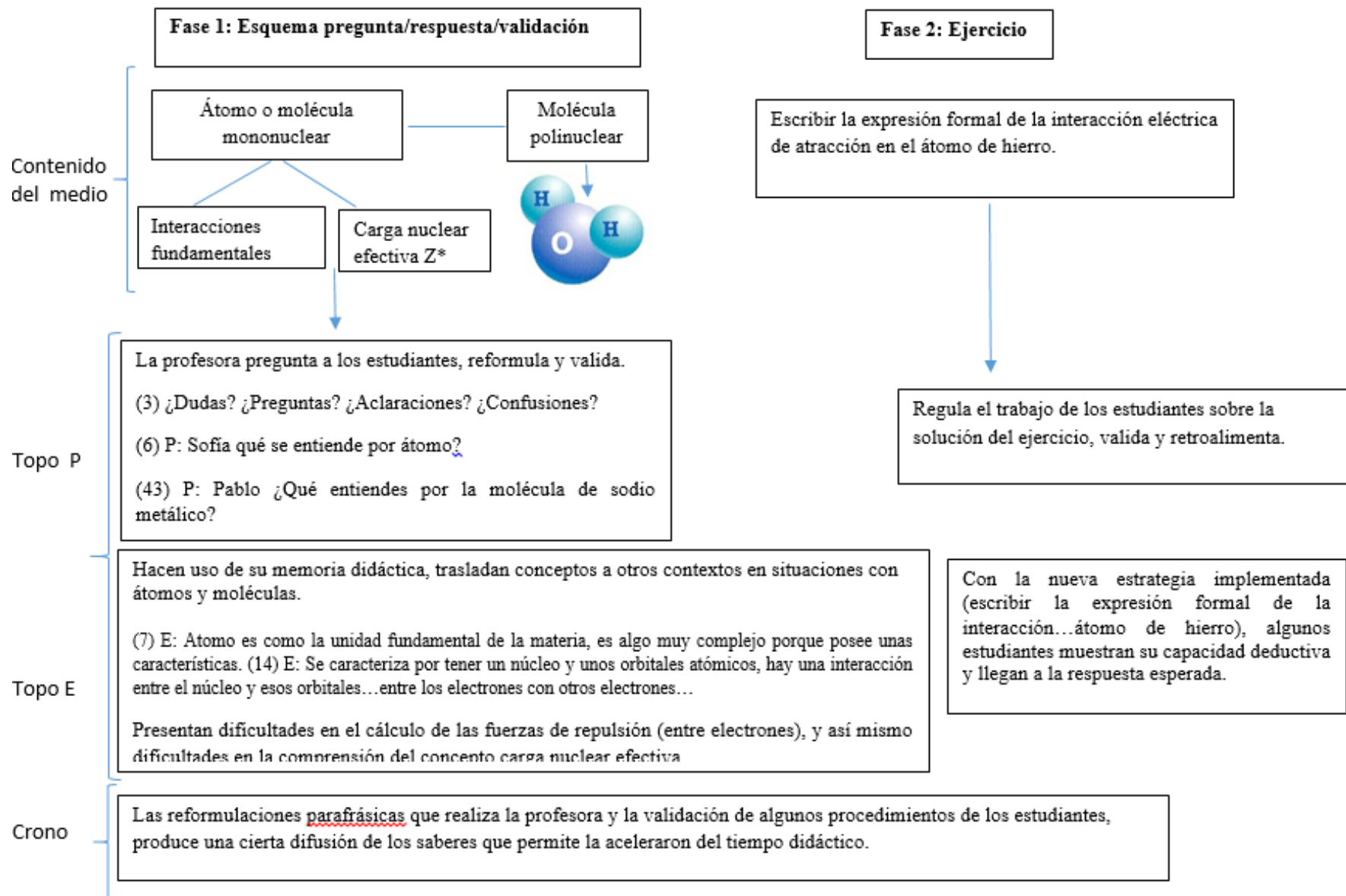


Figura 11. Esquema general del desarrollo de la sesión 2 de clase.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
<p>FASE 1</p> <p>(00:05-1:05)</p> <p>LA PROFESORA PREGUNTA A LOS ESTUDIANTES.</p> <p>Episodio 1</p>	<p>Qué se entiende por átomo?</p> <p>(3) P: ¿Dudas? ¿Preguntas? ¿Aclaraciones? ¿Confusiones?</p> <p><i>(Ninguno de los estudiantes responde, y la profesora empieza a preguntar a varios estudiantes llamándolos por su nombre).</i></p> <p>(6) P: Bueno entonces yo pregunto, Sofía ¿Qué entiendes por <u>átomo</u>?</p>	<p>Cambio de las reglas del juego: generalmente son los estudiantes los que preguntan, pero en esta clase se da una modificación del contrato didáctico, la profesora es la que pregunta.</p>
<p>Episodio 2</p>	<p>(7) Estudiante: <u>Átomo</u> es como la <u>unidad fundamental</u> de la <u>materia</u>, es algo muy <u>complejo</u> porque posee unas <u>características</u>.</p> <p>(13) P: ¿Qué <u>más</u> <u>vas</u> a <u>decir</u>?</p> <p>(14) Estudiante: [DEV<] Se caracteriza por tener un <u>núcleo</u> y unos <u>orbitales atómicos</u>, hay una <u>interacción</u> entre el <u>núcleo</u> y esos <u>orbitales</u>...entre los electrones con otros electrones...</p>	<p>TOPO: Las acciones reguladoras de la profesora consisten en seguir preguntando para obtener más información de la estudiante.</p> <p>MESO: la estudiante da una definición de átomo incluyendo elementos que hacen parte del proyecto didáctico de la clase: núcleo, electrones, orbitales atómicos, interacciones.</p>
<p>Episodio 3</p>	<p>Qué se entiende por molécula?</p> <p>(25) P: El agua (6s) ¿hidrógeno y oxígeno? es lo fundamental del agua. (4) Fernanda ¿Tú qué opinas de lo que ha dicho Sofía? ...</p> <p>(26) Fernanda: [DEV<] <Pues yo he escuchado que hay una <u>interacción</u> entre el <u>hidrógeno</u> y el <u>oxígeno</u>, (.) Y con respecto a si es la unidad fundamental de la materia, no sé (9s) es la (3s) es la inducción de núcleo con la interacción que hay entre los electrones y el núcleo.></p>	<p>MESO: Se pasa a hablar de moléculas, en donde la profesora conduce las preguntas hacia el concepto de interacción.</p>
	<p>(43) P: Pablo ¿Qué entiendes por la <u>molécula</u> de <u>sodio metálico</u>?</p> <p>(44) Pablo: [DEV<] Varios <u>átomos</u> de <u>sodio</u> <u>enlazados</u> <u>n</u> veces.</p>	

	<p>(45) P: Y ¿En términos de <u>interacción</u>? ¿<u>Cómo</u> <u>pensaría</u> la <u>molécula</u> de <u>sodio metálico</u> si estás pensando en átomos de sodio que son <u>interacciones</u> entre el <u>núcleo</u> y <u>electrones</u>?</p> <p>(48) Pablo: Un <u>conjunto</u> de <u>átomos</u> de <u>sodio</u> <u>interaccionando</u> entre sí.</p> <p>(50) P: [REG<]... el átomo no es un conjunto. (3s) Ustedes usan la palabra conjunto pero el átomo en sí mismo no es un conjunto.</p> <p>(51) Pablo: Cuando yo quiero describir los elementos que hay en algo, yo lo llamo conjunto.</p> <p>(52) P: Sí, pero los elementos matemáticos. Tú vas a organizar matemáticamente un grupo de objetos y lo llamas conjunto. Pero el átomo no es un grupo de objetos, eso no es el átomo.</p>	<p>TOPO: La profesora invita al estudiante a pensar sobre la situación planteada.</p> <p>El estudiante usa la palabra conjunto y la profesora lo corrige. Es común que los estudiantes traten de hacer relaciones de saberes y siguen aplicando las leyes del mundo físico (objetos), a los átomos (mundo cuántico).</p> <p>TOPO: La profesora en su rol, es enfática en aclarar al estudiante que no es adecuado usar la palabra conjunto, pero no explica a fondo lo que implica el conjunto matemático.</p>
<p>Episodio 5</p>	<p>En las moléculas polinucleares electrones y núcleos interaccionan entre sí</p> <p>(56) P: ...las interacciones cuando formo una molécula polinuclear son sólo entre electrones?, esa es la pregunta y María dijo ahora que no ¿cierto? <u>ella dijo</u> que los <u>núcleos</u> están <u>interfiriendo</u>.</p> <p>(57) María: Profesora <u>no sé si será correcto</u> esto, pero en uno de los <u>textos</u> encontré que el <u>núcleo</u> de uno de los átomos <u>interacciona</u> con el del <u>otro núcleo</u>.</p> <p>(64) P: [INST<] Entonces tenemos que están interaccionando átomos... ¿qué interaccionan? si tiene un núcleo interacciona núcleo y electrones. Los electrones entre sí también interaccionan y los núcleos entre sí también interaccionan.</p>	<p>MESO Y TOPO: Nuevo elemento teórico: interacciones entre los núcleos de las moléculas. La profesora retoma la idea de una estudiante como un elemento importante en el hilo conceptual.</p> <p>TOPO: La estudiante asume su rol en la clase y apoya su opinión en la literatura de estudio.</p> <p>La profesora hace una institucionalización en donde resume aspectos claves hasta el momento (en la molécula se dan interacciones entre núcleo y electrones, entre los electrones y entre los núcleos).</p>
<p>Episodio 6</p>	<p>Recordando el contrato didáctico</p> <p>(65) P: Judith ¿Qué preguntas tienes a lo que hemos dialogado? (8s). ¿Nada? ¿Todo te queda claro? entonces ¿qué entiendes por átomo de hierro?</p>	



	<p>(66) Judith: ¿Átomo de hierro?</p> <p>(67) P: Sí.</p> <p>(68) Judith: No sé.</p> <p>(69) P: ¿Cómo que no sabe? ¿No que le quedó claro lo anterior que dialogamos? ¿Cómo así que no sé? está en otro problema ¿Usted que estaba pensando cuando estábamos dialogando? en todas estas clases que hemos tenido...</p>	<p>TOPO: la profesora asume un rol de formación llamado la atención a la estudiante y recordándole su rol en el juego del saber.</p>
<p>Episodio 7</p>	<p>Que entiendes por átomo de hierro?</p> <p>(76) P: ...Marcos ¿Qué entiendes tú por <u>átomo de hierro</u>?</p> <p>(77) Marcos: [DEV<] Profesora es una <u>interacción</u> entre los <u>electrones</u> y el <u>núcleo</u> en el átomo porque los electrones y el núcleo se atraen mediante una <u>atracción eléctrica</u> y los <u>electrones</u> con los electrones tienen una <u>fuerza de repulsión</u> y cuando hay una molécula el núcleo...</p> <p>(78) P: ¿Cuántos protones hay en el átomo de hierro?</p> <p>(79) Marcos: Veintiséis.</p> <p>(80) P: Cuántos electrones, veintiséis; entonces ¿Qué estas entendiendo por átomo de hierro?</p> <p>(81) Marcos: [DEV<] Entonces son como veintiséis fuerzas de atracción entre electrones y núcleo y... hay (4s) veinticinco fuerzas de repulsión entre los electrones.</p>	<p>MESO: La profesora se apoya en Marcos para hacer evolucionar el medio didáctico.</p> <p>TOPO: El estudiante asume su rol y da la definición esperada por la profesora.</p> <p>A su vez el estudiante introduce al medio los conceptos de interacción eléctrica de atracción y de repulsión.</p>
<p>Episodio 8</p>	<p>Vuelve a pensar Ester</p> <p>(87) P: Ester: <u>piensa</u> en la <u>interacción eléctrica</u> de <u>atracción</u> de un <u>electrón</u> de <u>valencia</u> en el <u>átomo de hierro</u>.</p> <p>(88) Ester: un [<u>electrón</u>] de <u>valencia</u>, se <u>atraería</u> con <u>veintiséis protones</u>...</p>	<p>Error conceptual: los estudiantes no consideran al núcleo como unidad, sino dividido por el número de protones.</p>

	<p>(91) P: ... ¿Por qué un electrón de valencia en el átomo de hierro se atrae con veintiséis protones ¿sí? <u>y</u> <u>u</u> <u>e</u> <u>v</u> <u>e</u> <u>l</u> <u>v</u> <u>e</u> <u>a</u> <u>p</u> <u>e</u> <u>n</u> <u>s</u> <u>a</u> <u>r</u> <u>E</u> <u>s</u> <u>t</u> <u>e</u> <u>r</u> <u>.</u></p> <p>(94) Ester: Porque los veintiséis electrones se atraen con veintiséis protones, entonces cada uno se atrae es con cada protón, cada electrón se atrae con el núcleo...</p>	<p>Aquí la estudiante mezcla ideas incorrectas (el electrón se atrae con veintiséis protones) y correctas (cada electrón se atrae con el núcleo). En el modelo cuántico del átomo el núcleo se toma como unidad.</p>
<p>Episodio 9</p>	<p>Cuál es interacción entre un electrón de valencia y el núcleo?</p> <p>(101) P: ¿Tú que entiendes por electrones de valencia?</p> <p>(106) Estudiante: [DEV<] Pues, es un <u>electrón</u> que está en la <u>capa</u> de <u>valencia</u> ¿cierto? y entonces ese electrón va a tener... como un <u>respaldo</u>, por decirlo así, una <u>barrera</u> que va a <u>crear</u> el <u>efecto</u> de <u>apantallamiento</u> con el núcleo que son los protones y los electrones.</p> <p>(107) P: [REG<] ¿Cuál es la interacción eléctrica? <u>h</u> <u>a</u> <u>s</u> <u>t</u> <u>a</u> <u>a</u> <u>h</u> <u>i</u> <u>v</u> <u>a</u> <u>m</u> <u>u</u> <u>y</u> <u>b</u> <u>i</u> <u>e</u> <u>n</u>, pero ¿La interacción eléctrica cuál es?</p> <p>(108) Estudiante: De repulsión. De atracción.</p> <p>(109) P: ¿Entre quiénes?</p> <p>(110) Estudiante: Del electrón y del protón.</p> <p>(111) P: ¿Y el <u>protón</u>?</p> <p>(112) Estudiante: <u>El núcleo</u>.</p>	<p>MESO: Se retoma un concepto trabajado hasta el momento el electrón de valencia y el estudiante introduce un nuevo elemento al entramado teórico el “efecto apantallamiento”.</p> <p>Con sus preguntas la profesora se da cuenta que el concepto de núcleo como unidad (carga nuclear efectiva) no se ha estabilizado.</p> <p>Efecto Topacio: la profesora repite la pregunta o la respuesta dada por el estudiante a modo de pista, cuando éste incurre en un error.</p>

Tabla 12. Sinopsis de la primera fase de la clase.

Episodio 1

- (1) P: Buenos días.
- (2) Estudiantes: Buenos días.
- (3) P: ¿Dudas? ¿Preguntas? ¿Aclaraciones? ¿Confusiones? (Los estudiantes no hacen preguntas y algunos conversan entre ellos (28s)).
- (4) P: ¿Dudas? ¿Preguntas? ¿Aclaraciones? ¿Confusiones? (44s)
- (5) P: < ¿No hay preguntas ni dudas?> (.) > ¿No hay preguntas ni dudas? < ¿ni confusiones? ¿Todo está claro? (3s).

(6) P: [REG<] Bueno, entonces yo pregunto. (5s) <Sofía Gómez> ¿Qué entiendes por átomo?

Preparación del medio en esta clase:

Es común que la profesora en todas las clases pregunte a los estudiantes si tienen dudas; aquí veríamos un elemento de repetición y costumbre de la docente (3). Este elemento es significativo para algunos estudiantes que plantean sus dudas y confían en la respuesta de la profesora (está dinámica hace parte del papel de la profesora en el contrato didáctico). Pero en esta clase se introduce un nuevo juego, se cambian las reglas, ahora las preguntas las hace la profesora (6), evidenciándose una modificación del contrato didáctico. Este nuevo contrato supone otra configuración de las transacciones didácticas, es decir, determinadas acciones didácticas hasta entonces bajo la responsabilidad del profesor, pasan a ser asumidas por el estudiante. Aquí los estudiantes deben hacer memoria didáctica, ya que los elementos que necesitan para responder las preguntas que formula la profesora se han trabajado previamente.

El medio en esta clase es el discurso, en donde la profesora regula en función de los elementos de definición del átomo necesarios para la actividad posterior. A nivel topogenético, la profesora insta una relación de regulación que le otorga el control didáctico a partir de preguntas (en su mayoría abiertas) a los estudiantes. Este tipo de preguntas cumplen diversas funciones como realizar cierto control de los significados que se están construyendo en el aula, o establecer un mínimo de intersubjetividad. También podemos decir que con este tipo de actividad, la profesora obtiene información de los estudiantes que le permite acceder a sus ideas y darse cuenta de sus concepciones o vacíos conceptuales.

Algo a tener en cuenta en el episodio 1, es que la profesora repite el enunciado ¿Dudas? ¿Preguntas? ¿Aclaraciones? ¿Confusiones?, dos veces, dando un espacio de 28 segundos la primera vez (3) y 44 segundos, la segunda vez que pregunta (4). Estos lapsos son comunes en escenarios universitarios, en donde la enseñanza se da de una forma más autónoma y se trata de dar tiempo a los estudiantes para que reflexionen sus preguntas y respuestas. Pero también se puede decir que el hecho de que los estudiantes no pregunten, muestra una debilidad en sus aprendizajes que no quieren revelar. A pesar de que este tipo de intercambio dialéctico es común en esta aula, sobre todo al inicio de clase, generalmente no se toma más de media hora, pero en esta sesión en particular, se invirtieron alrededor de 60 minutos. Al

preguntarle a la profesora sobre la duración de esta actividad y si tenía planeado desarrollar la clase así, o fue surgiendo, responde:

P: No, no esa es planeada así, porque en el transcurso del trabajo que ellos [los estudiantes] van haciendo y cómo van entregando tareas, y uno va revisando el cuaderno yo me doy cuenta qué ponen, y cómo usan las palabras y cuando escriben explicaciones uno se da cuenta qué es lo que hacen, y todavía les hace falta claridad en los significados y no tanto porque construyan unos significados muy finos no, sino que haya unos mínimos que sean adecuados y que le den como cierto uso adecuado a las palabras, porque ellos tienen mucha tendencia a usar palabras comunes y las palabras comunes pierden mucho el sentido científico, entonces por lo menos que usen las palabras. No sí, esas son planeadas [las clases], pero puede que en ese caso ni siquiera hubiera planeado para toda la clase, sino para un rato no más de la clase, pero como ellos van interviniendo, uno se da cuenta que falta mucho todavía, entonces uno sigue. Ellos también preguntan y uno ve la necesidad de aclarar y profundizar un poquito más. Lo he planeado, pero es más de lo que surge en el diálogo con ellos. (Entrevista 4, p.1) Autoconfrontación.

Sinopsis de la segunda fase de la clase

Ya que en la primera fase los estudiantes mostraron dificultades con el uso del concepto carga nuclear efectiva (Z^*), y no se observan estrategias epistémicas ganadoras, se produce un cambio de medio y de juego. En esta parte de la clase los estudiantes pasan a realizar un ejercicio que consiste en escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia y el núcleo, aplicando la ley de Coulomb. A continuación se presenta la sinopsis de esta parte de la clase.

A esta fase le corresponden los episodios 10, 11, 12, 13, 14, 15.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
FASE 2 (01:02 a 1:47)	<p>Cuál es la interacción eléctrica de atracción en el átomo de hierro?</p> <p><i>(La profesora continúa tratando de estabilizar el concepto de carga nuclear efectiva)</i></p> <p>En el episodio anterior la profesora le pregunta a una estudiante por los electrones de valencia y la interacción eléctrica de estos con el núcleo. Al final la estudiantes responde:</p> <p>(114) Sofía: Pues, profesora yo digo que es esa interacción eléctrica de atracción que se da entre un electrón de la última capa con el núcleo y al estar interaccionando con el núcleo están</p>	<p>La profesora inicia con una situación de validación y se da cuenta que el</p>
Escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de un átomo.		



<p>Episodio 10</p>	<p>interaccionando los protones que están en el núcleo ¿no?.</p> <p>(115) P: Sebastián ¿Tú estás de acuerdo con Sofía?</p> <p>(116) Sebastián: Pues yo diría que sí, es la <u>interacción</u> de un <u>electrón</u> de la <u>capa externa</u> y el <u>núcleo</u>, pues, entre los <u>protones</u>...</p> <p>(117) P: <u>Escriba</u> la <u>expresión formal</u> de eso que están diciendo, <u>escriba</u> la <u>expresión formal</u> de la <u>interacción eléctrica</u> de <u>atracción</u> de ese <u>electrón</u> como <u>está pensando</u>, <u>escribala</u>. Si me hace el favor y la escribe ahí [en el cuaderno] y después la pone en el tablero.</p> <p>(122) Sebastián: Pero le estoy preguntando por la fórmula de...</p> <p>(123) P: Ah, pues una interacción eléctrica de atracción se representa con la ley de Coulomb, sí...<u>Le estoy solicitando</u> que <u>escriba</u> la <u>interacción eléctrica</u> de <u>atracción</u> del <u>átomo</u> de <u>hierro</u> para un <u>electrón</u> de <u>valencia</u>, eso es lo que estoy preguntando, no la ley de Coulomb...</p> <p><i>(Los estudiantes necesitan constantes, radios atómicos, carga eléctrica y la profesora les sugiere hacer uso de la tabla periódica, textos e internet para consultar estos valores).</i></p>	<p>concepto de carga nuclear no se ha estabilizado.</p> <p>Nuevamente otro estudiante mezcla ideas correctas (interacción del electrón con el núcleo) e incorrectas cuando sobrepone “pues, entre los protones”</p> <p>MESO: Cambio de medio y de actividad con un nivel de tecnicidad y lenguaje deferente.</p> <p>CRONO: Hay un cambio de juego por la necesidad de hacer avanzar el tiempo didáctico.</p> <p>El estudiante reclama un algoritmo para pasar a hacer la tarea.</p> <p>La profesora aclara una regla de juego</p>
<p>Episodio 11</p>	<p>(139) Estudiante: Profesora una pregunta, (4s) si estamos hablando del <u>electrón</u> de <u>valencia</u>, ¿sería sobre el <u>radio</u> por la <u>carga eléctrica</u> del <u>núcleo</u>?</p> <p>(140) P: ¿Cuáles son las unidades de éste? eso está sin unidades, tiene que ponerle unidades a todo eso, pone números pero no, así no.</p> <p>(141) Estudiante: Sí, pero tenemos la idea.</p> <p>(142) P: Tiene la idea pero usted tiene que aprender a poner las unidades, es que yo estoy en clase de química, yo no estoy por fuera de la clase ¿cierto?... ¿Qué radio tomaste acá? <i>(la profesora señala uno de los valores)</i></p>	<p>MESO Y TOPO: El estudiante asume su rol y hace la deducción acertada del ejercicio tomando la carga del núcleo como unidad.</p> <p>Regla de juego: en química es de vital importancia poner las unidades a los valores o expresiones.</p> <p>TOPO: la profesora recuerda el contrato didáctico y las reglas de juego</p>



<p>Episodio 12</p>	<p>(143) Estudiante: Profesora entonces cada electrón de valencia interactúa...</p> <p>(144) P: Con esta carga, si es 3d, (.) si no es 3d, no. Porque 4s también es uno de valencia, pero aquí ya la carga es cinco punto cuarenta y dos.</p> <p>(145) Estudiante: Pero entonces las capas inferiores con respecto al [electrón] de valencia interactúan es de uno a uno, o sea, de un electrón con un protón solamente. [Pero] las inferiores...</p> <p>(146) P: [No], cada electrón interactúa con la <u>carga nuclear efectiva</u> que le corresponde, eso no es uno a uno, yo te he estado explicando que el electrón interactúa con una carga nuclear efectiva, yo no le he dicho en ninguna parte que un electrón interactúa uno a uno con los protones, eso lo sacaron ustedes pero yo no he planteado eso...</p> <p>(147) Estudiante: No, <u>pero ya entendí ahora sí</u>.</p> <p>(148) P: [INST<] Cada electrón interactúa con una carga nuclear efectiva, no con un protón.</p>	<p>El estudiante continúa en el error conceptual el cual se ve reflejado al tratar de realizar la expresión formal de la situación en estudio (interactúa un electrón con cada protón).</p> <p>La profesora corrige al estudiante y le aclara que la idea que tiene es general, pero ella no ha dicho eso, afianzando su autoridad de saber y a la vez de descontento por la interpretación que están haciendo los estudiantes del concepto carga nuclear efectiva.</p> <p>Lo que la profesora hace, dice, explica, consigna en los documentos etc., no es precisamente los que los estudiantes entienden. Lo que implica que requieren más tiempo u otra forma de trabajar el concepto.</p> <p>Aquí queda la duda de si realmente comprendió, o más bien dijo que sí, verbalizando una frase para que la profesora quedara satisfecha.</p>
<p>Episodio 13</p>	<p>(155) Estudiante: [DEV<] ... Profesora si usted nos hubiera preguntado, si no fuera un electrón si no que hubiera dicho los electrones de valencia ¿se tomarían ocho?.</p> <p>(156) P: Ah, tienen que tomar los ocho y escribir la ley de Coulomb para cada uno y después sumar.</p> <p>(157) Estudiante: Se tomaría para cada uno y después lo sumamos y sería la totalidad de las fuerzas de atracción para un electrón de valencia.</p>	<p>MESO Y TOPO: Los estudiantes van más allá de lo pedido por la profesora. Se acercan al saber haciendo otro tipo de reflexiones.</p>
<p>Episodio 14</p>	<p>(159) Estudiante: Profesora sobre la constante que aparece en la ley ¿simplemente la dejamos expresada?</p> <p>(160) P: Ah, la dejan expresada porque yo no le estoy diciendo que calcule sino que escriba la expresión porque ya eso es lo de menos, usted</p>	<p>El proyecto didáctico de la clase es que los estudiantes comprendan la expresión formal de la interacción de</p>



	<p>va a la calculadora, pero es que entienda cómo es esa interacción, <u>que aprenda a pensar</u>, lo demás es hacer un cálculo.</p> <p><i>(La profesora se dirige a todo el grupo)</i></p> <p>(163) P: Bueno yo les entregué este documento, en este documento para la próxima clase están los diagramas de energía del átomo de hidrogeno, lo leen y la próxima clase se inicia con este documento.</p>	<p>un electrón de valencia con el núcleo atómico, más que el resultado.</p> <p>CRONO: la clase se termina, pero también se puede decir que el ejercicio sirvió para que algunos estudiantes comprendieran el concepto de carga nuclear efectiva, con la regulación de la profesora.</p>
<p>Episodio 15</p>	<p><i>Este episodio hace parte de otro semestre (2013-II). Se incluye por tener elementos interesantes para los análisis).</i></p> <p>Una definición de molécula que está en el libro y en internet</p> <p>(164) John: Profesora yo encontré una definición de molécula en un libro.</p> <p>(165) P: ...que encontraste John</p> <p>(166) John: Que es la parte más mínima de la sustancia que todavía conserva las propiedades, las propiedades específicas. (la profesora escribe la definición en el tablero)</p> <p>(167) P: [REG<] Bueno entonces yo les devuelvo la pregunta a todos ustedes, después de hacer este curso que empezó en octubre del año pasado y estamos en abril, ¡sí!, después de todo lo que hemos hecho y trabajado. Yo les pregunto si ustedes están de acuerdo con esta definición (.)</p> <p>(168) Estudiantes: No <i>(algunos mueven la cabeza indicando no)</i></p> <p>(169) P: Ustedes pueden abrir un millón de páginas en internet, y eso está ahí en un millón de veces. Puede coger libros de 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y eso está ahí. Pero hay muchos libros que tampoco tienen eso, y muchas páginas de internet no tienen eso. <i>(Después de un trabajo de pregunta y respuesta,</i></p>	<p>MESO: los estudiantes traen a la clase información encontrada en los diferentes medios de estudio y que no son coincidentes con los significados construidos en el aula. Por medio del consenso se llega a un nuevo significado.</p> <p>TOPO: la profesora invita a los estudiantes a ser selectivos con la información de diferentes medios y contrastarla con lo aprendido en clase.</p>

	<p><i>la profesora construye la nueva definición de molécula con los estudiantes).</i></p> <p>(190) P: Entonces listo estamos de acuerdo, qué es lo que estamos de acuerdo John.</p> <p>(191) John: [DEV<] Estamos de acuerdo en que las <u>propiedades</u> de las <u>sustancias</u> se deben a las <u>fuerzas intermoleculares</u> de <u>varias moléculas</u>, no de una sola molécula.</p>	<p>Se llega a un acuerdo didáctico referente a un contenido.</p>
--	---	--

Tabla 13. Sinopsis de la segunda fase de la clase

Para efectos de ilustrar la generalidad de la clase y disminuir el volumen del material transcrito dentro del cuerpo de la tesis, la transcripción completa de los episodios del 2 al 15 con sus respectivos análisis se encuentra en el Anexo 8. A continuación se hace un análisis general sobre lo acontecido en esta clase.

En esta fase de la clase se observa cómo cuando un juego específico no funciona, es reemplazado por otro que permita movilizar los saberes. Lo que se pretende con el nuevo juego (escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia del átomo de hierro), es que los estudiantes se distancien de sus interpretaciones (posiblemente adoptadas desde el estudio del modelo planetario del átomo), de mirar el comportamiento del núcleo como partículas individuales (protones), y pasen a mirarlo como un todo (unidad), como lo indica el modelo actual, re-contextualizando el contexto del saber y la forma de proceder desde el nuevo ejercicio planteado en la clase.

Se puede decir que los estudiantes disponen de un referente diferente al esperado por la profesora para la comprensión del concepto. Sensevy (2007) se refiere en este caso a un contexto cognitivo como un contexto pasado, resultado de lo que ha sido enseñado anteriormente. Para producir la estrategia ganadora, los estudiantes deberán movilizar cierto número de saberes “antiguos” al mismo tiempo, presentes en el contexto cognitivo trasfondo de la acción. Con la nueva actividad, entran otros objetos epistémicos al medio (el algoritmo), relacionados directamente con la disciplina científica estudiada en esta aula, lo que implica un nivel de tecnicidad del lenguaje, en donde se deben usar expresiones formales que difieren de las del lenguaje ordinario e incluso las del lenguaje verbal técnico.

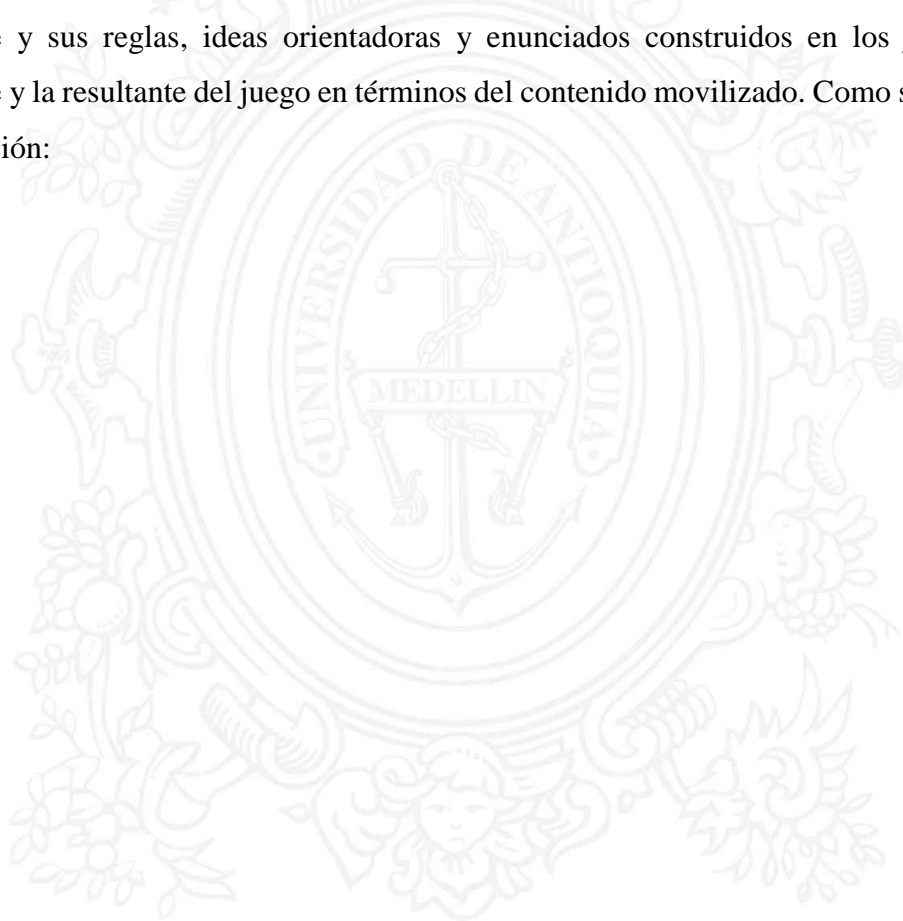
A su vez podemos hablar de varios movimientos topogenéticos que se presentan cuando la profesora en su rol, les delega a los estudiantes el uso del tablero, los estudiantes asumen su responsabilidad y tratan de realizar la tarea. Así mismo se dan movimientos cronogenéticos, ya que con esta redefinición de la tarea que está en juego, la profesora pretende hacer avanzar el tiempo didáctico.

Tipos de actividad de aprendizaje y procesos de regulación y devolución en esta clase.

En la primera fase de la clase, las tareas propuestas alternan actividades en las cuales los estudiantes están haciendo uso de su memoria didáctica, pero siguen centrados en una postura de recepción/interpretación de los conocimientos, algunos de ellos con mayores dificultades (Ep. 4, 8, 12). En la segunda fase se observan actuaciones de *producción/transformación*, evidenciados en la forma acertada de resolver el ejercicio propuesto, y las preguntas que hacen algunos estudiantes referente a la solución de la tarea (Ep.7, 11, 13). En estos mismos episodios se percibe que con la nueva estrategia que la profesora implementa (escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción en el átomo de hierro), algunos estudiantes muestran su capacidad deductiva.

La dinámica de esta clase en general es un trabajo en donde la profesora crea contextos para que el estudiante exprese lo que sabe o recuerda sobre el tema (molécula mononuclear (átomo) y polinuclear, fuerzas de atracción y repulsión etc.). Hay momentos en los que se observa un juego de aprendizaje en donde se repite la pregunta, vuelve y se dice el concepto, se cambia la situación (de átomo o de molécula) etc. Sin embargo de acuerdo a Rickenmann, Angulo y Soto (2012), cuando un profesor desencadena este esquema de actividad en general no espera “cualquier” respuesta: el alumno tiene así que pasar de una orientación externa basada en el esquema, hacia una orientación interna o epistémica que le permita dar una “respuesta pertinente” o “correcta”. La creación de este contexto en esta aula hace parte a la vez de los procesos de andamiaje que realiza la profesora, centrada generalmente en acciones docentes de devolución- regulación, con un objetivo que apunta al proyecto didáctico de la clase: los estudiantes deben tener claros los conceptos de átomos y moléculas así como las interacciones eléctricas de atracción y de repulsión en el átomo, e identificar el núcleo atómico como una unidad nuclear (carga nuclear efectiva Z^*), en moléculas mononucleares.

En la siguiente tabla (Tabla 14) se reúnen algunos fragmentos que dan prueba de los momentos de interacción entre profesora y estudiantes, acciones que conciernen particularmente a la dimensión conjunta de las transacciones didácticas, y que ayudan a describir y comprender cómo ocurre la co-construcción del conocimiento en esta aula. La tabla se orienta en cinco aspectos que son: los conocimientos en juego, los juegos de aprendizaje y sus reglas, ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Como se muestra a continuación:



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Conocimientos en juego: Átomo, molécula, interacciones eléctricas de repulsión, electrones de valencia y carga nuclear efectiva.			
Juegos de aprendizaje y reglas de juego	Momentos de la dupla DEV REG	Ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje	Resultante del juego en términos del contenido movilizado
<p>Juego 1:</p> <p>- Hacer uso de la memoria didáctica en un formato de pregunta/respuesta/validación hasta lograr definiciones colectivas</p> <p>Regla de juego: Responder las preguntas del profesor</p> <p>-Hablar en un tono de voz para que todos escuchen</p>	<p>(3) P: ¿Dudas? ¿Preguntas? ¿Aclaraciones? ¿Confusiones?</p> <p>(6) P: Bueno entonces yo pregunto, Sofía ¿Qué entiendes por átomo?</p> <p>(7) Estudiante: Átomo es como la unidad fundamental de la materia, es algo muy complejo porque posee unas características.</p> <p>(13) P: ¿Qué más vas a decir?</p> <p>(14) Estudiante: [DEV<] Se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...entre los electrones con otros electrones...</p> <p>(15) P: ¿Se caracterizan por qué? Duro que no se escucha.</p> <p>(25) P: El agua (6s) ¿hidrógeno y oxígeno? es lo fundamental del agua. (4) Fernanda ¿Tú qué opinas de lo que ha dicho Sofía? ...</p> <p>(26) Fernanda: [DEV<] <Pues yo he escuchado que hay una interacción entre el hidrógeno y el oxígeno, (.) Y con respecto a si es la unidad fundamental de la materia, no sé (9s) es la (3s) es la inducción de núcleo con la interacción que hay entre los electrones y el núcleo.></p> <p>(164) John: Profesora yo encontré una definición de molécula en un libro.</p> <p>(165) P: ...que encontraste John</p>	<p>Átomo es la unidad fundamental de la materia. Se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...entre los electrones con otros electrones...</p> <p>En el agua hay una interacción entre el hidrógeno y el oxígeno.</p> <p>Interacción que entre los electrones y el núcleo.</p> <p>Una definición de molécula que encontré en un libro</p>	<p>Los estudiantes tienen claros los conceptos de átomo y molécula y llegan a definiciones colectivas.</p> <p>Átomo es como la unidad fundamental de la materia, se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...entre los electrones con otros electrones...</p>



<p>Regla de juego:</p> <p>-Llegar a acuerdos frente al saber.</p>	<p>(166) John: Que es la parte más mínima de la sustancia que todavía conserva las propiedades, las propiedades específicas. (la profesora escribe la definición en el tablero)</p> <p>(167) P: [REG<] Bueno entonces yo les devuelvo la pregunta a todos ustedes... están de acuerdo con esta definición (.)</p> <p>(168) Estudiantes: No (algunos mueven la cabeza indicando no)</p> <p>(169) P: Ustedes pueden abrir un millón de páginas en internet y eso está ahí en un millón de veces. Puede coger libros de 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y eso está ahí. Pero hay muchos libros que tampoco tienen eso, y muchas páginas de internet no tienen eso. (Después de un trabajo de pregunta y respuesta, la profesora construye la nueva definición de molécula con los estudiantes).</p> <p>(190) P: Entonces listo estamos de acuerdo, qué es lo que estamos de acuerdo John.</p> <p>(191) John: [DEV<] Estamos de acuerdo en que las propiedades de las sustancias se deben a las fuerzas intermoleculares de varias moléculas, no de una sola molécula.</p>	<p>Ser selectivos con la información de diferentes medios y contrastarla con lo aprendido en clase.</p> <p>Las propiedades de las sustancias se deben a las fuerzas intermoleculares de varias moléculas, no de una sola molécula.</p>	<p>Se llega a un acuerdo didáctico referente a un contenido.</p>
<p>Juego 2:</p> <p>Dar información sobre la interacción eléctrica de atracción.</p> <p>Regla de juego</p> <p>-Pensar sobre lo que se les está preguntando</p>	<p>(87)P: Ester: piensa en la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia en el átomo de hierro.</p> <p>(88) Ester: un [electrón] de valencia, se atraería con veintiséis protones...</p> <p>(91) P: ... ¿Por qué un electrón de valencia en el átomo de hierro se atrae con veintiséis protones ¿sí? vuelve a pensar Ester.</p> <p>(94) Ester: Porque los veintiséis electrones se atraen con veintiséis protones, entonces cada uno se atrae es con cada protón, cada electrón se atrae con el núcleo...</p> <p>(100) P: ¿Qué aprendiste en la tarea de la clase pasada? ustedes la clase pasada trajeron una tarea, y tú fuiste la que trajiste la tarea, y ustedes hicieron una lectura en una hojita que yo regalé ¿Qué aprendiste tú ahí? y si</p>	<p>En el modelo cuántico del átomo el núcleo se toma como unidad.</p>	<p>El concepto de carga nuclear efectiva (Z^*) no se estabilizó, esto se evidenció en la mayoría de los estudiantes a los que la profesora les preguntó.</p>

<p>Regla de juego:</p> <p>-Acordarse del juego de la clase pasada.</p>	<p>aprendiste algo interesante ahí, ese aprendizaje cómo lo expresas con lo que yo te pregunto: piensa en la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia en el átomo de hierro.</p> <p>(varios estudiantes dieron respuestas similares a Ester y otros mezclaron ideas correctas e incorrectas sobre Z*)</p>		
<p>Juego 3.</p> <p>-Escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia del átomo de hierro)</p> <p>Regla de juego</p> <p>-Hacer uso de fórmulas y constantes con sus respectivas unidades.</p> <p>-Regla de juego:</p> <p>Proponer otras situaciones relacionadas con el ejercicio.</p>	<p>(La profesora recurre a otra estrategia para que los estudiantes comprendan el concepto Z*).</p> <p>(117) P: Escriba la expresión formal de eso que están diciendo, escriba la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de ese electrón como está pensando, escríbala. Si me hace el favor y la escribe ahí [en el cuaderno] y después la pone en el tablero.</p> <p>(140) P: ¿Cuáles son las unidades de éste? eso está sin unidades, tiene que ponerle unidades a todo eso, pone números pero no, así no.</p> <p>(145) Estudiante: Pero entonces las capas inferiores con respecto al [electrón] de valencia interactúan es de uno a uno, o sea, de un electrón con un protón solamente. [Pero] las inferiores...</p> <p>(146) P: [No], cada electrón interactúa con la carga nuclear efectiva que le corresponde, eso no es uno a uno...</p> <p>(155) Estudiante: ... Profesora si usted nos hubiera preguntado, si no fuera un electrón si no que hubiera dicho los electrones de valencia ¿se tomarían ocho?.</p> <p>(156) P: Ah, tienen que tomar los ocho y escribir la ley de Coulomb para cada uno y después sumar.</p> <p>(157) Estudiante: Se tomaría para cada uno y después lo sumamos y sería la totalidad de las fuerzas de atracción para un electrón de valencia.</p>	<p>Cada electrón interactúa con una carga nuclear efectiva, no con un protón.</p>	<p>La mayoría de los estudiantes aplicaron correctamente el concepto de Z*. Otros estudiantes necesitaron la regulación y ayuda de la profesora.</p>

Tabla 14. Saber en juego, juegos de aprendizaje, ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesión 1.

El juego 1 (hacer uso de la memoria didáctica en un formato de pregunta/respuesta/validación), se puede describir como un juego genérico en el sentido que corresponde a costumbre de la clase. La profesora elabora preguntas apoyada en el desenvolvimiento de los estudiantes en el medio, para hacerlos producir un saber razonado. Los estudiantes entran en un juego de lenguaje a partir de una puesta de saber particular y contextualizado, hasta lograr enunciados colectivos estabilizados (de átomo y de molécula):
“Átomo es la unidad fundamental de la materia. Se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...entre los electrones con otros electrones...”.

“El agua es una molécula en donde hay una interacción entre el hidrógeno y el oxígeno”

“Las propiedades de las sustancias se deben a las fuerzas intermoleculares de varias moléculas, no de una sola molécula”

En el juego 2 los estudiantes están tratando de dar información relacionada con la interacción eléctrica de atracción en un átomo, pero generalmente incurren en errores de interpretación del concepto de carga nuclear efectiva (Z^*) o mezclan ideas correctas e incorrectas (94) E:
“Porque los veintiséis electrones se atraen con veintiséis protones entonces cada uno se atrae con cada protón (incorrecto), cada electrón se atrae con el núcleo...” (correcto). Esto se puede deber a la idea que tienen del núcleo formado por un número x de protones de acuerdo a la representación de Bohr, y se dificulta el hecho de que en el modelo actual del átomo el núcleo se asume como unidad, como se explica más detalladamente en la transcripción y análisis de los episodios de esta clase (Anexo 9).

En el juego 3, se observa un cambio de estrategia que permite entender que cuando un juego específico no puede ser jugado, es reemplazado por un juego que permita la movilización del contenido, manteniendo el lazo didáctico con la situación anterior, pero mirada desde otra referencia. Con este nuevo juego, algunos estudiantes aplicaron correctamente el concepto de Z^* y propusieron otras situaciones relacionadas con el saber en juego: (155) E: *“Profesora si usted nos hubiera preguntado, si no fuera un electrón si no que hubiera dicho los electrones de valencia ¿se tomarían ocho?”*. Otros estudiantes necesitaron la ayuda de la

profesora: (145) E: *“Pero entonces las capas inferiores con respecto al [electrón] de valencia interactúan es de uno a uno, o sea, de un electrón con un protón solamente. [Pero] las inferiores...”*, (146) P: [No], *cada electrón interactúa con la carga nuclear efectiva que le corresponde, eso no es uno a uno...*

Observar los momentos de la dupla devolución-regulación generados en los juegos didácticos, permite caracterizar los papeles de los estudiantes y la profesora en esta aula, brindando elementos para detectar los roles de estos actores y avances en la clase. Esta dupla tiene efectos sobre el medio didáctico al llevar al estudiante a una zona donde ubican el contenido de la secuencia con aciertos y desaciertos, en donde la pregunta opera como parte del engranaje que activa la construcción de conocimiento en el colectivo (Ligozat & Leutenegger, 2008). En esta aula con el avance de la repetición del proceso pregunta-respuesta, vemos que la profesora se vuelve más reticente y hace más devoluciones, hasta que se produce por parte de algunos estudiantes, una respuesta a partir de una lectura propia (turnos 14, 155 de la tabla anterior) (Ep.7, 11, 13 Anexo 8).

A continuación se da cuenta de la forma como en esta aula se guían las actividades de clase para lograr en los estudiantes avances a nivel del medio (mesogénesis), describiéndose así mismo los roles de profesora y estudiantes (topogénesis) y el tiempo didáctico (cronogénesis) en este proceso de enseñanza aprendizaje.

¿Qué avances a nivel mesogenético, topogenético y cronogenético se dieron en esta clase?

Mesogenéticamente, se evidencia un control de la profesora sobre la evolución del medio didáctico a partir de lo dicho por los estudiantes. Mediante las preguntas que elabora se consigue la participación de los alumnos en un discurso colectivo, en donde la profesora reformula repitiendo algunas de las ideas dadas por los estudiantes, con el fin de estabilizar ciertos conceptos trabajados en la clase (Ep.5), pero se observa que los estudiantes se apoyan en los efectos Topacio, para cambiar su respuesta y la profesora termina dando o completando la información (efecto Jourdain) cada vez que se está hablando de las fuerzas de atracción y la carga nuclear efectiva, significados que no se pudieron estabilizar colectivamente en esta clase.

Aun así se puede decir que gracias a las respuestas que dan los estudiantes por medio del acto devolutivo, la profesora puede constatar lo aprendido y lo no aprendido por ellos, y además, puede andamiar la construcción de significados en el grupo. De acuerdo a Edwards (1996) los significados se van construyendo en los diálogos de clase con lo que dicen y hacen los interlocutores, mediante las preguntas guías y las respuestas dadas. De unas versiones se van pasando a otras, ampliando significados, introduciendo datos, definiendo significados en otros contextos, deduciendo, relacionado la información de unas intervenciones con la de otras.

Con respecto al rol de los estudiantes se evidenció que la mayoría tenían claros los conceptos básicos del átomo y la molécula y las fuerzas de atracción (entre el núcleo y los electrones). Pero nuevamente se observan dificultades en el cálculo de las fuerzas de repulsión (entre electrones), y así mismo dificultades en la comprensión del concepto carga nuclear efectiva, a pesar de que estos dos nociones se habían trabajado en la clase anterior (esto se hace más evidente en el episodio 8). Pero se puede decir que con la dinámica de la clase, la profesora pudo constatar la construcción y el afianzamiento de ciertos conocimientos por parte de algunos estudiantes, en este caso la constitución interna de átomos y moléculas teniendo en cuenta sus interacciones eléctricas (Ep(s) 3:29, 4:48, 5:59).

Además en esta clase los estudiantes están afianzando sus conocimientos sobre las formas lingüísticas asociadas a una disciplina, en este caso la química. A este respecto Sánchez y Leal (2001) se refieren a dos niveles de comprensión en los alumnos. Un primer nivel que se correspondería con que los alumnos sean capaces de entender lo que les decimos o el discurso de una disciplina y recordarlo. Y un segundo nivel de comprensión que supone que los alumnos entiendan el mundo operando con las palabras de la disciplina en cuestión, es decir, pensar sobre el mundo e interpretar nuevos fenómenos de esas palabras. Estos dos aspectos se evidencian claramente en el desarrollo de esta sesión de clase, en donde los estudiantes hacen uso de su memoria didáctica para dar las definiciones pedidas por la profesora, pero además pueden relacionar y describir estos conceptos en otra situación o contexto cuando hablan de diferentes tipos de moléculas mononucleares, polinucleares y las fuerzas de atracción y repulsión al interior de estas (Ep. 3, 4,5).

En esta clase también se encuentran momentos en donde los estudiantes invocan la autoridad de los especialistas, en este caso un texto para apoyar sus opiniones (Ep.5:57). Y otros momentos en donde los estudiantes traen a la clase definiciones encontradas en textos de química y páginas de internet (Ep.15:164,178), que no son coincidentes con los significados construidos en la clase (es el caso de la definición de molécula). Aquí se puede decir que el manejo de la información que se da en los distintos medios de comunicación (libros, internet, programas de televisión, documentales etc.) puede contener formas de interpretación y características especiales para hacer entendible al público dicha información, que en ocasiones no coinciden con las descripciones de los especialistas o científicos de un concepto o fenómeno específico. Pero con la intervención de la profesora se llega a una definición consensuada del nuevo significado en cuestión, en este caso la definición de molécula.

Para finalizar, el análisis cronogenético de la clase mostró que las reformulaciones parafrásicas que realiza la profesora y la validación de algunos procedimientos de los estudiantes, produce una cierta difusión de los saberes que permite la aceleración del tiempo didáctico. Al final de la sesión, el tiempo de la clase se termina y los estudiantes quedan con una tarea pendiente.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Sesión 3

Tema: Diagrama de energías de orbitales atómicos, átomo de hidrógeno

Fecha de la clase: 28/08/2014

Duración de la clase: 1 h 47 min

En esta clase la profesora inicia haciendo un quiz con dos preguntas sobre átomos y moléculas, (tema trabajado en la sesión anterior). Luego los estudiantes realizan preguntas a la profesora del tema estructura atómica en general, que tenían como dudas. En la segunda fase de la clase, los estudiantes hacen una lectura de dos gráficos sobre las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno, para luego dialogar lo interpretado.

En esta sesión la profesora sigue con la estrategia de trabajar los conceptos del modelo cuántico del átomo, desde una visión dinámica, es así que en esta clase se habla del orbital atómico como conjunto de números cuánticos (m,n,l) , que representan la interacción electrón-núcleo, con una función de onda, la cual tiene asociada una energía. La idea central del discurso de la profesora es: *“El problema es de energías y de interacciones”, “si no hay interacción no hay átomo, porque mi problema es de interacción, y las interacciones son energía finalmente”*. La tarea consiste entonces en pensar al electrón en el átomo y relacionarlo con la energía que posee dependiendo del nivel.

Además la profesora es enfática en que el problema no es de números ni de fórmulas, sino de significados, significados del átomo. Este es el proyecto didáctico para esta clase, que los estudiantes interpreten la información de los gráficos de transiciones electrónicas. Podemos decir que en algunos grupos de trabajo los estudiantes manifestaron inconvenientes en la comprensión de las magnitudes de la energía en los orbitales atómicos, sobre todo lo relacionado con el valor negativo. Esto se evidencia en la interpretación que hacen de los valores de la energía, en donde cuestionan sobre el porqué ésta toma valores negativos. Al mismo tiempo la profesora es consciente de que los estudiantes no tienen un texto del saber suficiente, lo que explica que todo el tiempo los esté asistiendo para que lean adecuadamente la información de los gráficos, e incurre frecuentemente en efectos Topacio que se constatan en los análisis. Esto se puede deber también a la dinámica y objetivo de la actividad.

En la siguiente gráfica se resume lo acontecido en esta sesión de clase, en donde se denota el contenido epistémico que hace parte del medio, el rol de la profesora (Topo P), estudiantes (Topo E) y los avances en el tiempo didáctico de la clase.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Sesión 3: Diagrama de energías de orbitales atómicos, átomo de hidrógeno

Fase 1: Dudas de los estudiantes

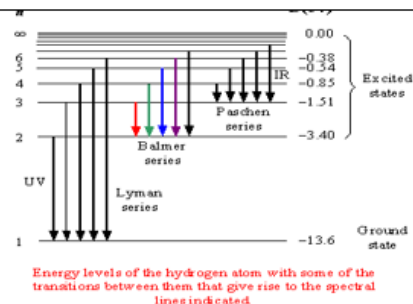
Fase 2: Lectura de dos gráficos sobre las transiciones electrónicas

Contenido del medio

Las fuerzas de atracción o repulsión dentro del átomo son iguales?
 Cómo se genera la energía en un átomo?

P: “El problema es de energías y de interacciones”, “si no hay interacción no hay átomo, porque mi problema es de interacción, y las interacciones son energía finalmente”.

Pensar al electrón en el átomo y relacionarlo con la energía que posee dependiendo del nivel.



Topo P

P: Cuestiona a los estudiantes para entender la raíz de las dudas, liga saberes de temas pasados y de la sesión en curso en sus respuestas

Verificar que los estudiantes usen adecuadamente la terminología química de las transiciones electrónicas (absorber, emitir, aumentar y disminuir la energía, cambiar el estado etc.) y que comprendan las implicaciones de estos cambios en los estados de energía del electrón y en el átomo en general.

Topo E

E: Formulan sus inquietudes, en algunos casos se nota que no comprenden la respuesta de la profesora.

Hacen análisis de la información, relacionan y describen conceptos, elaboran preguntas que van más allá de las temáticas trabajadas en la clase. Pero a la mayoría de los estudiantes se les dificultó la comprensión de los cambios energéticos del electrón, sobre todo lo referido al valor negativo en los niveles de energía.

Crono

En una interacción didáctica no necesariamente se tiene que llegar a un acuerdo o un aprendizaje evidente; los acuerdos pueden ser a largo plazo.
 Esta situación se hace evidente en el episodio 10 turno 156, cuando la profesora le responde al estudiante “Ya te aproximarás a entender eso”. Pero en general se pueden constatar avances en el alcance de los logros y los objetivos propuestos para la clase.

Figura 12. Esquema general del desarrollo de la tercera sesión de clase.

Principales actividades de la clase.

Fase	Duración	Descripción y función	Relación de episodios
Quiz	27 min	Los estudiantes resuelven un quiz con dos preguntas sobre átomos y moléculas. Luego la profesora pide a los estudiantes que escriban una pregunta que tengan sobre el tema.	Episodio cero
1 Respuesta a preguntas de dos alumnos por parte de la profesora	20 min	Dos estudiantes comparten la pregunta que realizaron en el tercer punto del quiz y la profesora las responde.	Episodios 1,2
2 Actividad en parejas	60 min	Hacer la lectura de dos gráficos sobre las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno, para luego dialogar lo interpretado.	Episodios 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Tabla 15. Principales actividades de la clase (sesión 3)

Evolución y dinámica del medio en esta primera fase de clase

En los primeros 25 minutos la profesora realiza un quiz, las preguntas del quiz están relacionadas con el tema trabajado en la sesión dos de clase analizada: 1) Escribe una descripción acerca de qué entiendes por átomo, 2) Escribe una diferencia entre molécula mononuclear y polinuclear.

De acuerdo a las preguntas del quiz, la profesora se interesa en conocer la comprensión que tienen los estudiantes acerca del átomo, molécula mononuclear y polinuclear. En química es de interés la unidad molecular como ente individual, y la unidad molecular interactuando con otras unidades moleculares de la misma clase o de clases diferentes. Es por ello que en toda la unidad didáctica, se nota un trabajo constante de la profesora para lograr que los estudiantes diferencien los términos molécula mononuclear (átomo) y polinuclear con sus características e interacciones. Así mismo es parte del proyecto didáctico de esta clase, propiciar el aprendizaje acerca de un conjunto de redes de conceptos básicos e integrar estos conceptos con el manejo de la representación lingüística, molecular corpuscular, estructural y como interacción de núcleo(s) y electrones (Alzate, 2007).

Al final del quiz, la profesora pide a los estudiantes que formulen una pregunta cualquiera que tengan alrededor de la reflexión que han escrito (es decir las respuestas del quiz). Una vez terminado el tiempo del quiz (25 min), la profesora pide a los estudiantes que quieran compartir la pregunta que la enuncien, y solo dos de los estudiantes hacen la pregunta de modo grupal y la profesora procede a responder.

A continuación se hace una breve descripción de lo que sucede en esta parte de la clase.

Sinopsis de la primera fase de la clase

A esta fase le corresponden los episodios 1 y 2.

En esta fase de la clase, dos estudiantes comparten con el grupo la duda que tienen sobre el tema. Uno de los estudiantes pregunta sobre si hay diferencias en la magnitud de las fuerzas de repulsión y atracción en el átomo y la molécula (Ep.1). Esta pregunta revela que el estudiante está ligando conocimientos de la primera sesión, estudiada en esta unidad (interacciones de atracción y repulsión) y conocimiento de la segunda sesión (átomos, moléculas mononucleares y polinucleares). En el episodio dos, otra estudiante pregunta sobre ¿cómo se genera la energía en el átomo?; esta última inquietud está relacionada con el tema a trabajar en esta sesión de clase (diagrama de energías de orbitales atómicos). Lo que revelan estas dos preguntas es que los estudiantes no tienen estabilizado el contenido del saber, sobre todo en la forma de concebir el comportamiento interno del átomo a partir de su forma abstracta. En el siguiente cuadro se resume los episodios con algunos fragmentos relevantes.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
FASE 1 (00:26 a 00:45) DUDAS, PREGUNTAS Episodio 1	<i>(los estudiantes exponen sus dudas)</i> Las fuerzas de atracción o repulsión dentro del átomo son iguales? (2) P: ¿Desean compartir la pregunta o duda que escribieron? <i>(en el quiz anterior)</i> (3) Marcos: Profesora yo (4s), yo quiero saber si las <u>fuerzas de atracción o repulsión</u> dentro del <u>átomo</u> son <u>iguales</u> o son diferentes a las que	MESO: Definición del medio. Las preguntas de los estudiantes hacen parte del medio en esta parte de la clase, y la profesora tiene la intención de responderlas.



	<p>habían entre ambos, o sea, entre una <u>molécula polinuclear</u>.</p> <p><i>(La profesora toma nota, ya que tiene la idea que la van a hacer varias preguntas, pero por ahora solo Marcos expone su duda).</i></p> <p>(8) P: ...por qué las mismas si aquí tú tienes un núcleo con electrón y aquí tienes núcleo con muchos electrones ¿por qué van a ser las mismas? ¿A qué te refieres con las mismas?</p> <p>(9) Marcos: O sea a la magnitud de esa fuerza...</p> <p><i>(La profesora realiza en el tablero una estructura del átomo de hidrógeno y otra de la molécula de dihidrógeno, para explicar al estudiante, luego se vale de la ley de Coulomb para complementar su explicación).</i></p> <p>(10) P: Iguales no son porque esta magnitud depende de las cargas nucleares de cada núcleo, entonces tú vas a tener una carga nuclear efectiva por la carga del protón, vas a tener la carga eléctrica del electrón y vas a tener una distancia pero esta distancia no es la misma (La profesora señala estos valores en la ley de Coulomb), ¿cómo va a ser la misma distancia acá de un núcleo a un electrón que acá de este núcleo a este electrón? Si pones esta relación en tu pensamiento esas fuerzas eléctricas no son de igual magnitud.</p>	<p>TOPO: El estudiante expresa la duda y la profesora le responde. La acción didáctica de la profesora es hacer otras preguntas para concretar la duda del estudiante, que se centra en las dos temáticas trabajadas en las sesiones anteriores.</p> <p>TOPO: La profesora responde la duda de Marcos, usando el tablero para mostrar ayudas representacionales (estructura de átomos y moléculas) y ecuaciones como la ley de Coulomb, que le permiten explicar la diferencia de las interacciones en el hidrógeno y la molécula de dihidrógeno.</p> <p>Aquí es evidente que el proyecto de la profesora en este momento de la clase es que los estudiantes centren su atención en los enunciados que los invitan a pensar y a hacerse representaciones de las ideas transmitidas, en este caso la magnitud de las fuerzas eléctricas.</p>
<p>Episodio 2</p>	<p>Cómo se genera la energía en un átomo?</p> <p>(11) P: ¿Alguna otra pregunta?</p> <p>(12) Carla: Profesora ¿cómo se <u>genera</u> la <u>energía</u> en un <u>átomo</u>?</p> <p>(15) P: ¿Cómo se genera la energía en un átomo? ¿A qué te refieres?</p> <p>(16) Carla: En un <u>átomo</u>, en la <u>función</u> de <u>onda</u> <u>genera</u> <u>energía</u>, pues (.) <u>se refiere</u> a la <u>energía</u>.</p> <p>(19) P: Es que en la <u>interacción</u> hay <u>energía</u>, o sea en toda <u>interacción</u>, sea eléctrica, electromagnética, nuclear o cualquiera, a esta energía eléctrica le corresponde una <u>energía potencial</u>, entonces siempre una interacción es a</p>	<p>TOPO: La estudiante reflexiona sobre el comportamiento interno del átomo y cómo se genera la energía en este.</p> <p>La profesora hace otra pregunta a la estudiante para escudriñar de donde viene la duda.</p> <p>TOPO y MESO: La respuesta lleva a la profesora a tocar aspectos ya trabajados como son: orbital atómico, configuración electrónica, fuerzas eléctricas, ley de Coulomb, energía potencial etc., y al mismo tiempo introduce elementos importantes para la clase en curso (transiciones</p>

	<p>la vez energía, entonces el <u>átomo</u> en sí mismo es <u>energía</u>... ahora un átomo al relacionarlo con la función de onda, esa interacción que es energía yo la represento en un átomo con la ecuación de Schrödinger, la energía cinética, actuando sobre la función de onda, más la energía potencial que actúa sobre la función de onda es la energía del electrón actuando sobre la función de onda (<i>la profesora escribe en el tablero la ecuación de Schrödinger</i>)....</p> <p>(20) P: Alguna otra pregunta? Nadie?</p>	<p>electrónicas, absorción y emisión de energía, ecuación de Schrödinger etc.).</p> <p>Queda la duda de si la estudiante satisfizo su vacío conceptual o esperaba otra respuesta.</p> <p>CRONO: Se pasa a otra actividad, ya que los estudiantes no tienen más dudas, pero lo probable es que no quieran o no sepan expresarlas.</p>
--	---	--

Tabla 16. Sinopsis de primera fase de la clase

La transcripción completa de estos dos episodios con sus respectivos análisis se encuentra en el Anexo 9. **Transcripción y análisis de los episodios relevantes de la sesión 3**

Sinopsis de la segunda fase de la clase

A esta fase le corresponden los episodios del 3 al 10.

En esta fase de la clase los estudiantes se organizan en parejas y tríos, para hacer una lectura de dos gráficos sobre las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno. Uno de los intereses en esta clase es que los estudiantes comprendan e interpreten la información. Esto es más claro cuando en la consigna de la tarea la profesora dice: “*Vamos a ponerle atención a estos gráficos (16s) Entonces en parejas van a hacer ustedes una lectura a estos dos gráficos del hidrógeno, y luego compartimos que han dialogado sobre esos gráficos, es decir, vamos a comprender, a interpretar este par de gráficos y luego dialogamos qué han interpretado*”.

En los diálogos que se generan entre profesora y estudiantes alrededor de la lectura de los gráficos, surgen otras temáticas y fenómenos, la mayoría traídas a colación por los mismos estudiantes, posiblemente porque despiertan cierto interés. Algunos de estas ideas se centran en: la fusión nuclear, el acelerador de partículas, la inestabilidad de los átomos y su corto tiempo de vida, el estado plasma, el infinito, las altas temperaturas en el sol y las estrellas, el formalismo matemático de la mecánica cuántica etc. Estas preguntas y conversaciones que implican estas concepciones hacen parte de la evidencia del bagaje conceptual que traen los estudiantes, y cómo recurren a estos cada vez que los relacionan con la situación de estudio

del momento, en este caso el modelo de las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
<p>FASE 2 (00:26 a 00:45)</p> <p>COMPRENDER E INTERPRETAR LOS GRÁFICOS SOBRE TRANSICIONES ELECTRÓNICAS</p> <p>Episodio 3</p>	<p>P: [DEF<] Vamos a ponerle atención a estos gráficos... vamos a comprender, a interpretar este par de gráficos.</p> <p><i>Luego dialogamos qué han interpretado.</i></p> <p><i>(La profesora se refiere a un documento de trabajo, sobre las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno).</i></p> <p><i>La profesora pasa por cada uno de los grupos de trabajo.</i></p> <p>Depende de cómo mires, depende de cómo lees</p> <p>(22) Estudiante: [DEV<] Profesora, entonces ¿es más <u>energético</u> el <u>nivel uno</u> por ser de una <u>magnitud</u> más grande?</p> <p>(23) P: [REG<] Ah depende de cómo mires= depende de cómo lees, una cosa es <u>si tú lees</u> desde <u>afuera</u> hacia el <u>interior</u> del <u>átomo</u>, y otra es pararte en el <u>núcleo</u> y voy a <u>mirar</u> a los <u>electrones</u>. Tengo dos opciones de leer...</p> <p>(24) Estudiante 2: [DEV<] Entonces sí, yo creo que sí, desde acá es así. Entonces en el <u>primer nivel</u> hay <u>más energía</u>.</p>	<p>Cambio de medio: los estudiantes pasan a realizar un trabajo sobre diagramas de energía de orbitales atómicos del átomo de hidrógeno.</p> <p>La profesora repite la consigna de la tarea dos veces, haciendo énfasis en dos palabras claves, comprender e interpretar.</p> <p>TOPO: El estudiante asume su rol en la tarea y expresa la interpretación que hace del gráfico. La acción didáctica de la profesora es hacer énfasis en cómo se debe hacer la lectura de la energía de acuerdo a dos miradas.</p> <p>Con la idea de la profesora, el estudiante llega a la misma apreciación inicial, la cual es adecuada.</p>
<p>Episodio 4</p>	<p>Todo depende de la energía del contexto</p> <p>(36) Estudiante: Entonces para el primero serían... necesito trece punto seis, he:, electronvoltio para [liberar] ese electrón.</p> <p>(37) P: [Para] liberar ese electrón necesitas eso. Y como dice ella, si estoy en el estado cinco [entonces] necesito=</p> <p>(53) Estudiante: Pero entonces no siempre va a liberar energía.</p> <p>(54) P: [REG<] Ah no, es que él puede <u>liberar</u> o <u>capturar</u>, él puede hacer las dos, captura y libera, o puede hacer los cambios internos. Él</p>	<p>Estudiante y profesora se centran en los valores de energía reportados en la gráfica.</p> <p>MESO: Con la pregunta del estudiante la profesora incorpora al medio nuevos elementos conceptuales y resume aspectos claves del proyecto didáctico: liberación y absorción de energía,</p>

	<p>puede hacer o <u>transiciones electrónicas</u> o puede hacer <u>ionizaciones</u> o puede hacer <u>afinidades electrónicas</u>, un átomo puede hacer cualquiera de esas tres cuestiones, todo depende de la <u>energía</u>, del contexto de la situación particular...</p>	<p>transiciones electrónicas, ionizaciones, afinidades electrónicas, átomos y moléculas polinucleares, el contexto de la situación.</p>
<p>Episodio 5</p>	<p>Es que no es de más fácil o más difícil, no, es si el contexto le permite la energía</p> <p>(61) Estudiante: Profesora a medida que aumentan los niveles, quiere decir que esto está perdiendo energía ¿cierto?, o este negativo que significa?</p> <p>(62) P: No, que la magnitud de cada nivel es negativa...según el estado de energía él tiene una energía tal, pero si el estado está muy lejos del núcleo, la energía es menor.</p> <p>(65) Estudiante: Es menor y por ende es más fácil...</p> <p>(66) P: No, no es más fácil, él libera si hay la energía, si él puede capturar esa energía lo hace pero si no puede, no puede, es que de más fácil o más difícil, no, es si el contexto le permite la energía, no es de más fácil o menos fácil, no.</p>	<p>El estudiante muestra que tiene dificultad con interpretar el signo negativo, ya que para él representa pérdida de energía. Es probable que tenga arraigado el valor negativo usado en matemáticas como algo que se resta, por tanto se pierde.</p> <p>TOPO: La profesora regula la duda del estudiante y le indica la diferencia entre magnitud negativa y menor energía.</p> <p>El estudiante usa una expresión del común para referirse a una transición energética del electrón “Es menor y por ende es más fácil...” La profesora le corrige usando el lenguaje apropiado: liberar o capturar energía, además nuevamente habla del contexto del átomo como idea clave.</p>
<p>Episodio 6</p>	<p>Disminuyó la energía del electrón, él no está perdiendo energía.</p> <p>(80) Estudiante: si lo leemos como magnitud absoluta a medida que paso de un nivel de energía a otro, está perdiendo esa energía.</p> <p>(83) P: No él no está perdiendo energía, está disminuyendo, disminuyo la energía del electrón, pero él no está perdiendo energía.</p>	<p>El estudiante no usa el léxico que pretende la profesora para la situación, ya que habla de que el electrón pierde energía, siendo más adecuado decir disminuye la energía.</p> <p>Según la profesora cuando se habla de ganar y perder en el sentido común, no se ve que el electrón cambia, y este cambio es un asunto importante que se debe tener en cuenta en el estudio de las transiciones electrónicas. (Entrevista, 4 p.14).</p>
<p>Episodio 7</p>	<p>Lo que cambia es la interacción entre el núcleo y el electrón</p> <p>(86) Estudiante: El electrón no, pues, se mantiene constante, pues, no constante de que</p>	<p>El estudiante habla de la carga del electrón, como si la confundiese con la energía del electrón en cierto nivel.</p> <p>TOPO: La profesora regula esta apreciación, pero en el turno</p>



	<p>mantenga en un punto [---] siempre va a tener una misma carga.</p> <p>(87) P: No, pero la carga, pero el electrón en el átomo no es constante.</p> <p>(88) Estudiante: Pues lo que cambia es la interacción entre el núcleo y el electrón.</p> <p>(89) P: Sí, pero el electrón es distinto, cada que cambio esa interacción tengo es otro electrón porque tienes otra energía...</p>	<p>siguiente el estudiante se responde a sí mismo, y la profesora complementa sobre el cambio que sufre el electrón cuando cambia la interacción con el núcleo.</p> <p>Parece que los estudiantes expresaran ciertas ideas adecuadas pero lo hacen de forma mecánica, enmascarando su comprensión conceptual.</p>
<p>Episodio 8</p>	<p>Pero a esa energía no se llega profesora, a ese nivel [infinito] no se llega</p> <p>(100) Mateo: A medida que aumente el nivel de energía, la atracción entre el núcleo y los electrones disminuye ¿acá según esto, infinito sería el vacío?</p> <p>(101) P: [REG<] Infinito es... el vacío no, infinito es que no hay interacción núcleo electrón.</p> <p>(102) Mateo: Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar.</p> <p>(103) P (04:27): ¿Porque no?</p> <p>(104) Mateo: [DEV<] Porque para eso necesitaríamos que no hubiera <u>ninguna partícula interaccionando</u> con el electrón.</p> <p>(105) P: Claro.</p> <p>(106) Mateo: Pero <u>en todas partes</u> hay <u>partículas</u>.</p> <p>(107) P: [REG<] Sí, por eso, cuando él interacciona, esta partícula colisiona con el electrón y le da la energía suficiente y el electrón se va del átomo de hidrógeno...se rompe la interacción.</p>	<p>Aquí el estudiante relaciona la palabra infinito con el vacío, es decir tiene una apreciación cosmológica del mismo. Pero el concepto de infinito en el átomo es en términos de micro (se rompe la interacción núcleo-electrón).</p> <p>El estudiante hace una aseveración la cual expresa con propiedad. Inicialmente habla de lugar (físico), pero cae en cuenta y corrige la palabra lugar por nivel de energía.</p> <p>TOPO: Con estas ideas el estudiante muestra que está pensando la materia desde el punto de vista atómico en todo lo que lo rodea. Estos enunciados tienen una carga teórica y epistemológica interesante.</p> <p>Este estudiante entabla con la profesora un diálogo que más parece de pares, es decir un diálogo simétrico.</p>
<p>Episodio 9</p>	<p>Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?</p> <p>(130) Mateo: ¿Este infinito implica el momento en el cual tengo un núcleo...(el estudiante señala el nivel infinito en el gráfico)</p>	<p>La misma pareja de estudiantes sigue inquieta con el infinito.</p>

	<p>(131) P: Ah, en el caso del hidrógeno quedará sólo el núcleo atómico y el electrón libre tendrá un plasma, tiene núcleos y electrones libres.</p> <p>(134) Mateo: Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?</p> <p>(135) P: [REG<] Va a depender del radio atómico del átomo, si su radio atómico es doce picómetros, cuando supere doce picómetros está en el infinito el electrón; si el radio atómico es ciento cincuenta picómetros, cuando supere ciento cincuenta picómetros ese es el infinito para ese átomo...</p>	<p>Aquí entran al medio conceptos como: electrones libres, núcleos libres y estados plasma.</p> <p>TOPO: El estudiante sigue haciéndose preguntas que van más allá de tema.</p> <p>Esta pregunta se torna interesante sobre todo con la respuesta de la profesora, en donde le confirma al estudiante que ese infinito en el átomo no significa lo mismo que el infinito matemático (sin fin). Es decir en el átomo el infinito si tiene un fin, y es el radio atómico que difiere en cada átomo.</p>
<p>Episodio 10</p>	<p>Profe yo cómo voy a tener una energía negativa, “eso es ilógico”.</p> <p>(147) Estudiante: Profesora cómo así que una energía negativa, tengo una cantidad de energía, yo no entiendo una energía negativa, debería de ser positiva.</p> <p>(150) P: Las energías positivas son de la superficie terrestre hacia el interior, pero en el átomo son positivas y negativas.</p> <p>(151) Estudiante: Profesora yo cómo voy a tener una energía negativa, “eso es ilógico”.</p> <p>(152) P: Ilógico en el mundo clásico.</p> <p>(156) P: Ya te aproximarás a entender eso.</p>	<p>Lo que expresa el estudiante pone de manifiesto que los conceptos y nociones que los alumnos tienen de la física clásica, interfieren o dificultan el aprendizaje del comportamiento del átomo.</p> <p>La pregunta del estudiante la profesora la responde interponiendo la diferencia entre los dos modelos: el de la física clásica y el modelo cuántico del átomo, y cómo es la energía en cada uno de ellos. Pero el estudiante continua en su conflicto cognitivo.</p> <p>CRONO: En este tipo de interacciones no necesariamente se tiene que llegar a un acuerdo; los acuerdos pueden ser a largo plazo.</p>

Tabla 17. Sinopsis de la segunda fase de la clase

A continuación se detallará más a fondo cada episodio con sus respectivos análisis.

Episodio 3

Depende de cómo mires, depende de cómo lees

(21) P: [DEF<] Vamos a ponerle atención a estos gráficos (16s) Entonces en parejas van a hacer ustedes una lectura a estos dos gráficos del hidrógeno, y luego compartimos que han dialogado sobre esos gráficos, es decir, vamos a comprender, a interpretar este par de gráficos y luego dialogamos qué han

interpretado. (*La profesora se refiere a un documento de trabajo elaborado por ella sobre las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno*).

(*La profesora se acerca a un grupo de trabajo de tres estudiantes*)

(22) Estudiante: Profesora, entonces ¿es más energético el nivel uno por ser de una magnitud más grande?

(23) P: [REG<] Ah depende de cómo mires= depende de cómo lees, una cosa es si tú lees desde afuera hacia el interior del átomo, esa es una situación; otra cosa es pararte en el núcleo y voy a mirar a los electrones. Tengo dos opciones de leer...

(24) Estudiante: Entonces sí, yo creo que sí, desde acá es así. Entonces en el primer nivel hay más energía.

(25) Estudiante 2: Eso, entonces desde acá [---] por ejemplo lo que ella decía, aunque se dibujaba todas las posibilidades del nivel 5s pero el más estable [tiene] que ser el nivel uno.

(26) Estudiante 3: [No es] que tiene menos energía, vea cómo la interacción, es menor en el último nivel de energía ¿cierto? entonces el electrón se puede... asumiendo que el átomo estaría en otras condiciones, se absorbe energía, se puede liberar más fácil ese electrón y entonces ahí es donde se vuelve catión ¿cierto? o anión si lo recibe.

(27) P: Exactamente, entonces eso es lo que estoy leyendo.

(28) Estudiante: [DEV<] Entonces sí, en el primer nivel de energía tenemos más energía, o sea la interacción núcleo electrón es más fuerte.

En este episodio hay un cambio de medio ya que los estudiantes pasan a realizar un trabajo en parejas sobre diagramas de energía de orbitales atómicos del átomo de hidrógeno (21), (el documento de estudio fue elaborado previamente por la profesora). Algo importante de este mismo fragmento es que la profesora invita a los estudiantes a hacer una lectura para luego compartir lo aprendido, “...vamos a comprender, a interpretar este par de gráficos y luego dialogamos qué han interpretado”. La profesora repite esta idea dos veces haciendo acento en dos palabras claves: “comprender e interpretar”.

Con respecto al trabajo de la actividad sobre la interpretación de los gráficos, la profesora todo el tiempo está guiando y dando pistas a los estudiantes de cómo analizar la información del gráfico desde varias miradas: (23) desde la periferia o desde el interior del átomo, y con respecto al valor de la energía, como valor absoluto o valor negativo. Es común que algunos fenómenos o situaciones relacionados con las ciencias permitan ser mirados o interpretados desde diferentes ópticas, siendo clave allí el papel del profesor de enseñar a sus estudiantes a indagar diferentes explicaciones o formas de procesar la información. Esto hace parte del compromiso de la profesora: por medio del diálogo transaccional, revelar información clave

para la comprensión del tema. Según Bruner (1987), a través de la tarea de aprendizaje la profesora instala un “*andamiaje*”, que de cierta manera anticipa y facilita los recorridos posibles de los alumnos. Esta ayuda del profesor es indispensable para lograr que se produzca la aproximación entre los significados que construye el alumno y los significados que representan los contenidos.

En los turnos 24, 25 y 26, un grupo de estudiantes están dialogando sobre la interpretación de los gráficos en cuanto al nivel más energético, el más estable, absorción de energía, liberación de energía, formación del catión y el anión en el átomo de hidrógeno etc. Estos conceptos están relacionados con las preguntas que contiene el documento de estudio, las cuales son:

1. Determinar la longitud de onda del fotón emitido, $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu = hc/\lambda$, cuando un electrón cambia del estado de energía $n=4$ a $n=2$. ¿Es emisión o absorción? ¿En qué región del espectro electromagnético se posiciona el fotón?
2. Responde las preguntas anteriores si la transición electrónica es del estado uno al cinco.
3. Una lectura atenta de dicho diagrama da lugar a observar que para $n = \alpha$ la energía tiene la magnitud 0 eV. Escribe tu interpretación para este dato.
4. Asume que el átomo de hidrógeno se transforma en el catión H^+ , ¿cuál es la magnitud de la energía implicada en el proceso? ¿liberada o absorbida? ¿Es el ión H^+ radicalmente diferente al átomo de hidrógeno en términos de interacciones en la molécula mononuclear? Explica tu decisión.
5. Asume que el átomo de hidrógeno se transforma en el anión hidruro H^- , ¿cuál es la magnitud de la energía implicada en el proceso? ¿liberada o absorbida? ¿Es el ión H^- radicalmente diferente al átomo de hidrógeno en términos de interacciones en la molécula mononuclear? Explica tu decisión.

En el fragmento 27 cuando la profesora dice: “*Exactamente, entonces eso es lo que estoy leyendo*”. Es como si tomara posesión de la acción de los estudiantes para validar la forma de interpretar los gráficos de diagramas de energía realizada por este grupo de trabajo. En este caso la expresión “*eso es lo que estoy leyendo*” no se refiere al acto de leer, sino de analizar e interpretar la información. Las palabras de la profesora a su vez alientan a los estudiantes a seguir expresando sus ideas, esto se ve en el turno 28 en donde la estudiante hace otra buena deducción de la información de los gráficos “*Entonces sí, en el primer nivel de energía tenemos más energía, o sea la interacción núcleo electrón es más fuerte*”.

Cabe resaltar que este grupo de estudiantes hacen un uso adecuado del léxico químico, lo que no se observa en otros estudiantes de episodios posteriores, en donde la profesora corrige a menudo el uso del lenguaje de la situación y la interpretación de los valores de energía de los gráficos de transiciones electrónicas.

Episodio 4

Todo depende de la energía del contexto

(La profesora continúa con el mismo grupo de trabajo)

(29) P: Si lo vas a liberar [al electrón] ¿qué le va a pasar?

(30) Estudiante: ¿Qué le va a pasar si lo libero? Se ioniza.

(31) P: Se ioniza, sí, pero ¿cuánta energía necesita?

(32) Estudiante: Entonces tiene que... si lo voy a expulsar tendría que perder energía.

(33) P: Tendría que perder energía?

(34) Estudiante: Entonces el electrón...

(35) P: Tiene que absorber esa energía para romper toda esa fuerza.

(36) Estudiante: Entonces para el primero serían... necesito trece punto seis, he: electronvoltio para [liberar] ese electrón.

(37) P: [Para] liberar ese electrón necesitas eso. Y como dice ella, si estoy en el estado cinco [entonces] necesito=

(38) Estudiante: [Entonces] necesito punto cincuenta y cuatro.

(39) P: = muy poca cantidad para liberar uno de ellos.

(40) Estudiante: Por eso, es este es el electrón de valencia.

(41) P: Pues no pero, no, no: ahí el electrón de valencia depende del estado, porque este es el hidrógeno.

(42) Estudiante: Entonces en estado [basal] va a ser...

(43) P: [En estado] basal es éste. (La profesora señala el nivel uno de la gráfica del documento). Ahora, si está en otro estado es cualquiera de estos.

(44) Estudiante: [DEV<] Ah: entonces sí. Ahí entonces lo de la estabilidad como este necesita más... como más energía para liberarlo, entonces el que necesita menos energía va a ser [más inestable] porque con muy poquita energía cambia. Ah:

(45) P: [Más inestable], ese electrón se libera más rápidamente de un átomo si está en esas condiciones. Entonces si ese electrón, llamémoslo de valencia cualquiera sea el estado, está con muy poca energía ligado al núcleo atómico, incluso cambios de temperatura del ambiente lo liberan...

(46) Estudiante: ¡Ah! como por ejemplo, ya que lo recuerdo ese es el caso del ejemplo que yo hace días escogí, para hacer el átomo del seaborgio que es muy difícil de estudiarlo porque en microsegundos [se descompone]. Entonces sí, así ¡pun! ahí mismo cambia como a otro [elemento].

(47) P: [Se descompone]. Y además porque este descompone el núcleo en microsegundos, entonces no solamente se descompone el átomo sino que también se descompone el núcleo atómico...Se descompone en varios elementos hasta que llega a elementos que sean estables, a que esos núcleos sean estables.

(48) Estudiante 2: Profesora entonces cuando se libera el electrón sería el anión=

(49) P: Forma el [catión] si libera.

(50) Estudiante 2: [Eso], forma el catión, pero él absorbe energía entonces para formar el anión.

(51) Estudiante: ¿Y no puede volver a un átomo de mayor energía y ganar energía?

(52) P: Sí claro, depende del átomo. Ah claro porque el electrón mismo lo puede capturar un átomo de hidrógeno, uno de sodio, uno de calcio, uno de hierro, cualquier átomo según el ambiente en el que esté, cualquier átomo puede capturar electrones.

(53) Estudiante: Pero entonces no siempre va a liberar energía.

(54) P: [REG<] Ah no, es que él puede liberar o capturar, él puede hacer las dos, captura y libera, o puede hacer los cambios internos. Él puede hacer o transiciones electrónicas o puede hacer ionizaciones o puede hacer afinidades electrónicas, un átomo puede hacer cualquiera de esas tres cuestiones, todo depende de la energía, del contexto de la situación particular en que están los átomos, o las moléculas...

En el turno 29 la profesora hace una pregunta a una estudiante sobre qué le pasa al átomo si libera un electrón, la estudiante responde que el átomo se ioniza (30), lo cual es correcto, pero la profesora le pregunta sobre cuánta es la energía que necesita, a lo cual la estudiante responde que tendría que perder energía (32). En el turno 33 la profesora repite la respuesta de la estudiante y esta lo asume como una pista; la profesora suele usar mucho este tipo de pistas en la clase (efecto Topacio), no da la respuesta directamente pero les hace saber que respondieron mal. Además aquí podemos decir que hay dos opciones de respuesta, en este caso sino es A (emitir), es B (absorber), en química suele suceder este tipo de situaciones. Pero en el turno 35 la profesora no le da tiempo a la estudiante de responder, o se da cuenta que no sabe y termina dando ella misma la respuesta. Lo anterior se muestra a continuación: (34) “Estudiante: *Entonces el electrón...*” (35) P: “*Tiene que absorber esa energía para romper toda esa fuerza.*” (Efecto Topacio).

Otro aspecto importante de los anteriores fragmentos es que en el turno 34, la estudiante usa el término “perder energía”, que no es muy adecuado para la lectura que la profesora intenta construir con sus estudiantes sobre la energía del electrón. En este caso lo pasa por alto incurriendo en un efecto Jourdain, en el sentido de no corregir en el momento el uso de un término no adecuado. En otros episodios posteriores la profesora llama la atención a los estudiantes sobre el uso de las palabras perder y ganar energía, y recalca que la forma adecuada es decir “emitir o absorber” energía.

En los turnos 36 y 38 el estudiante se apoya del documento de estudio para dar el valor que le solicita la profesora, sobre cuanta es la energía que necesita el electrón para liberarse del átomo, si este está en el estado uno o en cinco, (36) “*Entonces para el primero serían... necesito trece punto seis, he:, electronvoltio para [liberar] ese electrón*”. (38) “[*Entonces necesito punto cincuenta y cuatro*”. En los turnos 39 y 40 el estudiante expresa que es poca energía para el nivel cinco, y por lo tanto se estaría hablando del electrón de valencia. En 41 la profesora hace una regulación importante al corregir al estudiante en su apreciación “...*no, no: ahí el electrón de valencia depende del estado, porque este es el hidrógeno*”. En el caso del hidrógeno solo tiene un electrón y este se ubica en el nivel 1s (estado basal), es diferente cuando el electrón está excitado ya que éste se encuentra en otro nivel diferente. En el anterior turno la profesora no incurre en el efecto Jourdain, es decir no acepta una respuesta que tenga inconsistencias en la interpretación.

En 42, 43, 44 y 45, se incorporan nuevos elementos al entramado conceptual (estado basal, estable, inestable, cambio de temperatura), para referirse al electrón en el átomo de hidrógeno. En el turno 46 el estudiante hace una deducción de la información suministrada por la profesora: “*Ahí entonces lo de la estabilidad como este necesita más... como más energía para liberarlo, entonces el que necesita menos energía va a ser [más inestable] porque con muy poquita energía cambia. Ah:*”. Las ideas expresadas por el estudiante revelan un grado de comprensión y de inquietud por el concepto de estabilidad en el átomo.

En el turno 46 el estudiante hace memoria didáctica, ya que trae a colación el ejemplo de un átomo con el que trabajó en una de las sesiones anteriores (los estudiantes seleccionaron un átomo, consultaron sus propiedades y finalmente realizaron la representación de ese átomo según el modelo mecánico-cuántico). Como el estudiante seleccionó el seaborgio, lo asocia con el tema de inestabilidad de los átomos, ya que este elemento es sintético y tiene un tiempo de vida corto.

En el turno 48 el estudiante relaciona la liberación del electrón con la formación del anión, para lo cual la profesora corrige su respuesta (49), porque se forma es el catión. A nivel mesogenético se nota en los estudiantes errores en la comprensión de ciertos fenómenos energéticos como: absorber energía, emitir energía, liberar el electrón, captar el electrón, formar el anión o el catión etc. Pero en este caso también se puede deber a que por la rapidez

de la contra-respuesta del estudiante, no haya error de comprensión, sino de utilización y estabilización del léxico. Lo anterior se evidencia en (50) cuando el estudiante responde “[Eso], forma el catión, pero él absorbe energía entonces para formar el anión”, lo cual es una apreciación acertada.

En los fragmentos 51 y 53 el estudiante hace otras preguntas y aseveraciones que muestran su grado de comprensión e inquietud sobre el tema, es decir asume su rol en la clase y en este momento muestra que sabe preguntar, y sus cuestiones van un poco más allá de la información suministrada por el documento y las intervenciones de la profesora: (51) “¿Y no puede volver a un átomo de mayor energía y ganar energía? (53) “Pero entonces no siempre va a liberar energía”. Podemos resaltar que en el turno 51 el estudiante habla de que un electrón puede *ganar energía* y la profesora en 52 le responde que cualquier átomo (Na, Ca, Fe...) puede “*capturar un electrón*”. Aquí la profesora no aclara la duda del estudiante ya que él preguntó si un electrón “gana energía”. Aquí se evidencia que el tema del aumento de energía en los átomos es llamativo para los estudiantes y las implicaciones que esto representa en el átomo.

En el turno 54 la profesora responde al estudiante la pregunta si el electrón siempre libera energía (53), y termina su interacción con este grupo de trabajo en donde su respuesta final se le puede dar el nombre de microinstitucionalización, ya que se resumen aquí aspectos claves del proyecto didáctico de esta actividad, usando los siguientes elementos teóricos: liberación y absorción de energía, transiciones electrónicas, ionizaciones, afinidades electrónicas, átomos y moléculas polinucleares, el contexto de la situación.

(54) P: Ah no, es que él puede liberar o capturar, él puede hacer las dos, captura y libera, o puede hacer los cambios internos. Él puede hacer o transiciones electrónicas o puede hacer ionizaciones o puede hacer afinidades electrónicas, un átomo puede hacer cualquiera de esas tres cuestiones, todo depende de la energía del contexto, de la situación particular en que están los átomos, o las moléculas, porque las moléculas polinucleares también ionizan la [---] también hacen transiciones, todo depende de quién y en qué contexto.

Finalmente en este último turno, la profesora repite una expresión que ya había mencionado antes en el episodio 1, turno 19, de esta misma clase y que repite en varios de los episodios siguientes: “*todo depende de la energía, del contexto de la situación particular*” “*Todo*

átomo y toda molécula es energía finalmente...”. Estas dos ideas resumen aspectos que para la profesora son importantes para la comprensión del modelo mecánico-cuántico del átomo, y hacen parte del proyecto didáctico de la clase.

A nivel mesogenético (uso del lenguaje y asociación de conceptos) y topogenético (asumir la tarea y hacer buenas deducciones de la información de los gráficos), los estudiantes de este episodio muestran algunos avances, que permiten a la profesora pasar a otro grupo de trabajo en un tiempo prudente.

Episodio 5

Es que no es de más fácil o más difícil, no, es si el contexto le permite la energía

(La profesora se retira y se acerca a otro grupo de trabajo)

(55) Estudiante: Profesora pues yo la verdad es que entre más pequeño el nivel de energía como más electronegativo.

(56) P: Más pequeño el nivel de energía, pero ¿qué quieres decir con más pequeño?

(57) Estudiante: O sea, que entre el electrón esté más cerca al núcleo, entonces el átomo de hidrógeno tiene más energía electronegativa, pues de acuerdo al menos.

(58) P: ¿Cómo así que electronegativa? el número... la energía es de magnitud negativa, pero no electronegativa.

(59) Estudiante: ¿Entonces cómo se dice eso?

(60) P: Que la magnitud de la energía es negativa.

(61) Estudiante: Profesora a medida que aumentan los niveles, quiere decir que esto está perdiendo energía ¿cierto?, o este negativo que significa?

(62) P: No, que la magnitud de cada nivel es negativa. La magnitud del electrón en esa escala... todas esas magnitudes como magnitud en el átomo son negativas.

(63) Estudiante: Pero entonces quiere decir que entre más cerca del núcleo esté, más energía tiene, y ya cada nivel más externo va perdiendo energía.

(64) P: [REG<] Pierde no, él no está perdiendo, [tiene] menor energía. No es que esté perdiendo, porque si lo pones a perder es como si no... Menor como magnitud absoluta, como números negativos es mayor. Según el estado de energía él tiene una energía tal, pero si el estado está muy lejos del núcleo la energía es menor.

(65) Estudiante: Es menor y por ende es más fácil...

(66) P: No, no es más fácil, él libera si hay la energía, si él puede capturar esa energía lo hace pero si no puede, no puede, es que de más fácil o más difícil, no, es si el contexto le permite la energía, no es de más fácil o menos fácil, no.

(67) Estudiante: Pero ¿por qué los electrones se tienden a devolver?

(68) P: [REG<] No, pero no son los electrones, es el electrón, es que en el átomo de hidrógeno hay solo un electrón y el electrón puede estar en el estado cinco, y de ir al uno, entonces ¿de qué va a depender? de la energía del sistema ¿sí? si el sistema tiene energía suficiente para que el electrón esté en el cinco, sigue en el nivel cinco. Ahora si la energía del sistema no es suficiente, él lo que hace es liberar energía hasta llegar a un estado en que pueda estar estable, porque el problema es de energías entonces cualquier cambio en la energía del sistema, el electrón cambia.

(69) Estudiante: Ah, o lo puede perder también

(69) P: [REG<] Ah, o lo puede perder también, si el sistema tiene energía suficiente para que el electrón capture energía y se libere, tiene que capturar energía, si no captura energía no... porque mira por ejemplo él está ligado al núcleo con trece con seis electronvoltios, para liberarlo o sacarlo como dice Marcos, para sacarlo tengo que suministrar trece punto seis electronvoltios, es como si yo te voy a quitar de ahí de donde estás, de la silla, te quito pero si yo tengo más energía que tú, si no te quito, ahí permanece, yo soy la que no puedo. Lo mismo es un electrón, si hay energía para que él rompa, porque esa es una interacción con el núcleo, tiene que romper la interacción con el núcleo, si la rompe se va, si no la puedo romper no se va, si no la puedo romper puede que él haga esto, siga al estado dos o ir al estado cuatro o ir al estado siete, por ejemplo, pero no lo libera, ahí hace transición electrónica, pero no lo libera ¿sí?

En este episodio nuevamente la profesora entabla un diálogo de pregunta respuesta con otro grupo de trabajo; este diálogo transaccional sigue una línea común de dudas e ideas que se evidencian en otros episodios de esta misma clase, en donde las conversaciones giran en torno a cuál es el nivel más energético, cómo interpretar los valores de la energía, uso del léxico adecuado, cuándo se absorbe o se libera energía, y se introduce nuevamente un elemento clave del proyecto didáctico: el contexto del átomo. Al inicio ocurre algo particular, y es que uno de los estudiantes no es preciso con su lenguaje al usar la expresión “*más pequeño*” en lugar de “*menor*”, además confunde el valor de la energía con la electronegatividad como se verá a continuación:

(55) Estudiante: Profesora pues yo la verdad es que entre más pequeño el nivel de energía como más electronegativo.

La profesora cuestiona al estudiante para que le indique qué quiere decir con “*entre más pequeño el nivel de energía*” (56), a lo que el estudiante responde en (57) “*O sea, que entre el electrón esté más cerca al núcleo, entonces el átomo de hidrógeno tiene más energía electronegativa, pues de acuerdo al menos*”. Aquí se observa que el estudiante hace uso de un concepto trabajado en el tema de propiedades periódicas de los átomos. De acuerdo a la respuesta, está asociando la palabra electronegatividad con energía (electro) y negatividad (relativo al signo negativo), esto se evidencia cuándo dice “*energía electronegativa, pues de*

acuerdo al menos”. La profesora le corrige su apreciación diciendo: (58) “*la energía es de magnitud negativa, pero no electronegativa*”. Es curioso que el estudiante continúa preguntando (59) “*¿Entonces cómo se dice eso?*”, pareciera que esperara que la profesora le profundizara más en su respuesta, a lo que la profesora vuelve y responde (60) “*P: Que la magnitud de la energía es negativa*”. En estos fragmentos se nota como lo expresado por el estudiante exterioriza concepciones que él está construyendo con el antiguo conocimiento y con el nuevo. La respuesta de la profesora tiene elementos de reticencia, con el fin de que el estudiante comprenda por sus propios medios y con la información suministrada por qué la energía es negativa.

En el turno 64 el estudiante manifiesta una apreciación encontrada en episodios posteriores, sobre si el valor negativo de las energías significa pérdida de energía, a lo que la profesora responde en 62, “*...todas esas magnitudes como magnitud en el átomo son negativas*”. Aquí se evidencia que los estudiantes hacen lecturas rápidas de los fenómenos y se quedan con la primera apreciación, sin entrar a cuestionar el por qué y la concordancia con la fundamentación teórica. Se puede decir que hay una brecha entre el nuevo contenido y lo que el estudiante sabe, pero esto también se puede deber a que los estudiantes aún no tienen la carga teórica y el tiempo suficiente de interactuar con este tipo de gráficos para su correcta interpretación.

En el turno 63 el estudiante nuevamente habla de pérdida de energía a medida que el electrón se aleja del núcleo, y en la intervención 64 la profesora trabaja con los estudiantes la importancia de usar un lenguaje preciso, ya que perder y menor suena similar, pero en química se leen de forma distinta. En este mismo turno, la profesora nuevamente repite una de las ideas centrales de este proyecto didáctico “*Menor como magnitud absoluta, como números negativos es mayor*”, es decir, tener claro como leer la información, pero se nota como el estudiante no presta mucha atención a este enunciado y pasa a preguntar en 65 “*Es menor y por ende es más fácil...*”.

En 66 la profesora responde al estudiante “*No, no es más fácil, él libera si hay la energía, si él puede capturar esa energía, lo hace pero si no puede, no puede, es que de más fácil o más difícil, no, es si el contexto le permite la energía, no es de más fácil o menos fácil, no*”. Aquí nuevamente se resalta como la profesora enfatiza más en el uso apropiado del lenguaje

químico, pero igualmente responde al estudiante que no siempre es más fácil, e introduce nuevamente la idea de que se debe tener en cuenta el “contexto del átomo”.

En la intervención 67 el estudiante hace una pregunta centrada en la estabilidad del electrón en el átomo, “*Pero ¿por qué los electrones se tienden a devolver?*”. Por las palabras con las que el estudiante expresa su pregunta, en particular la palabra “devolver”, es probable que tenga claro el concepto de estabilidad, en donde los electrones tienden a volver a un estado que implica menor energía denominado estado basal del electrón, siendo este un tema trabajado en sesiones anteriores del curso. A su vez en el turno 68, teniendo en cuenta que el gráfico en estudio representa los niveles de energía para el átomo de hidrógeno, la profesora le corrige al estudiante que no se debe hablar de electrones sino del electrón, ya que este átomo tiene un solo electrón. En este mismo turno, la profesora de nuevo es enfática en que “*el problema es de energías*”, pero en este momento puede que esta expresión sea muy dicente para ella, pero es probable que no lo sea para los estudiantes, ya que ellos pueden tener otros problemas con las temáticas del curso.

Algo relevante que se observa en este episodio, es que la profesora se basa en que desde su lógica, la deducción que los estudiantes tienen que hacer es clara. Pero no prevé que para algunos de ellos quizá esta lógica no funciona, o no la comprenden en el momento, ya que tienen otras lógicas. Sin embargo, cabe señalar que el intercambio comunicativo no supone necesariamente interacción cognitiva, entendida esta como real intercambio de significados entre docente y alumno. De acuerdo con Castorina (1998, 2007) en ciertos casos el diálogo en clase se sostiene en un plano más sintáctico que semántico, en donde los alumnos participan de la conversación en clase, pero se enmascara su construcción conceptual. Además se observa en algunos casos que los estudiantes realmente no cambian su relación con el conocimiento.

En el turno 69 el estudiante menciona que el átomo también puede perder el electrón, es probable que se refiera a la formación del catión H^+ , y la profesora introduce ejemplos en su discurso a modo de comparación, para explicar cómo se da la ruptura de las interacciones entre núcleo y electrón en el átomo. (69) “*porque mira por ejemplo él [electrón] está ligado al núcleo con trece con seis electronvoltios, para liberarlo o sacarlo como dice Marcos, para sacarlo tengo que suministrar trece punto seis electronvoltios*”. En este mismo fragmento la

profesora busca recursos que se le ocurren en el momento para que los estudiantes entiendan los fenómenos al interior del átomo, y usa situaciones en donde intervienen personas y una silla; relacionando así, el comportamiento del mundo físico con los electrones: “*es como si yo te voy a quitar de ahí de donde estás, de la silla, te quito pero si yo tengo más energía que tú, si no, no te quito, ahí permanece, yo soy la que no puedo. Lo mismo es un electrón, si hay energía para que él rompa, porque esa es una interacción con el núcleo, tiene que romper la interacción con el núcleo...*”. Aquí hay un riesgo y es que la comprensión de los estudiantes se puede quedar en un sistema epistemológico que no le corresponde.

De acuerdo a Pospiech (2000), analogías pedagógicas basadas en el uso de símiles de la vida cotidiana, llevan a la construcción de modelos sintéticos erróneos difíciles de superar. Posiblemente tienen su origen en el hecho de que hablar cualitativamente sobre la teoría cuántica de una forma adecuada es difícil, en tanto que todos nuestros conceptos han sido desarrollados a partir de nuestra experiencia diaria (citado en Sinarcas y Solbes, 2013). De todas maneras queda la duda hasta donde los estudiantes lo ven de acuerdo al proyecto que pretende la profesora en este momento de la clase.

En los siguientes episodios (6 y 7), la profesora conversa con dos estudiantes sobre la forma de leer la energía, es decir, como valor absoluto o negativo, y su interpretación de acuerdo a esta información. Además la profesora corrige a los estudiantes el uso de terminología no adecuada (contrato didáctico) al referirse a la energía del electrón: “*no es perder o ganar energía, es disminuir o aumentar la energía*” (83). Otro aspecto a resaltar es que entran en los diálogos aspectos relacionados con el infinito (el nivel ∞) (100), las transiciones electrónicas en las estrellas (119), etc. Por la extensión de la intervención se divide en dos episodios, a continuación se transcriben las interacciones discursivas de los segmentos relevantes:

Episodio 6

Tu problema no es disminuir, tu problema es cambiar de energía

(La profesora se acerca a otro grupo de trabajo)

(71) P: ¿Qué entendieron?

(72) Estudiante: [DEV<] Bueno en el átomo de hidrógeno, entonces lo que la gráfica nos muestra es que a medida que un electrón va pasando de un nivel a otro, pues esa energía va disminuyendo.

(73) P: [REG<] Pues ¿cómo la está leyendo? no:: haber... la energía del electrón en el átomo es negativa. Ahora tú la puedes leer negativa o la puedes leer absoluta, si tú la vuelves absoluta es una cuestión, pero si la dejas negativa le doy otro...

(74) Estudiante: Profesora es que como es energía, o sea, de electrón, o sea, es negativa.

(75) P: La energía del electrón en el átomo es negativa.

(76) Estudiante: Cuando aumente en negativo.

(77) P: Cuando aumenta negativo, si aumenta negativo esta menor la energía, o sea, como número negativo trece punto seis es menor que punto dos cincuenta y cuatro, como número negativo; como magnitud, como total, absoluto es mayor energía, por eso te pregunto... tengo que definir cómo leo, si lo estoy leyendo como magnitud absoluta o estoy leyendo como número negativo.

(78) Estudiante: Pues yo lo estoy leyendo como magnitud absoluta.

(79) P: Ah bueno. Tienes que aclarar siempre eso, porque los datos que te están dando son magnitudes negativas.

(80) Estudiante: Y:: bueno sí, entonces es eso, que a medida que... si lo leemos como magnitud absoluta a medida que paso de un nivel de energía a otro está perdiendo esa energía.

(81) P: ¿Perdiendo?, Y ¿por qué está perdiendo? no, cómo así que perdiendo, ¿por qué va a perder?

(82) Estudiante: O está disminuyendo.

(83) P: No él no está perdiendo energía, está disminuyendo, disminuyó la energía del electrón, pero él no está perdiendo energía.

(84) Estudiante: La suelta.

(85) P: No ¿cómo así que la suelta? no, no la suelta, no la suelta porque tu problema es interacción núcleo-electrón, ese es tu problema de fondo, entonces esa interacción tiene la energía. Ahora si yo quiero romper esta interacción yo lo puedo hacer, hay instrumentos para hacer eso y en las estrellas sucede eso, entonces si yo quiero romper esta tengo que traer energía para romper esta, ... crear otra interacción diferente, si no, no puede, por eso no es de perder, eso no es de perder ni ganar, no es eso, no::, disminuye o aumenta de energía por lo que va a cambiar la interacción con el núcleo, pero si pienso sólo un electrón y el núcleo, no, ese no es el problema, el problema es una interacción entre el núcleo y el electrón y eso es lo que se está rompiendo, lo que se está superando, o sea, tienes una y debes crear otra nueva, y si esa nueva se destruye tiene que crear otra nueva, el problema es de interacciones.

La profesora inicia con la pregunta ¿qué entendieron?, en el turno 72 un estudiante le expresa a la profesora “*entonces lo que la gráfica nos muestra es que a medida que un electrón va pasando de un nivel a otro, pues esa energía va disminuyendo*” y la profesora le pregunta sobre cómo está leyendo la información ya que hay dos formas de leerla: como magnitud absoluta o como valor negativo (73). En el turno 74 para el estudiante la energía es negativa porque es del electrón, es decir, está relacionando el signo de la carga del electrón (-), con el valor negativo asociado a los niveles de energía. A la profesora se le pasa preguntarle al

estudiante a qué se refiere o qué entiende con esto y se adelanta y le responde en 75, “*la energía del electrón en el átomo es negativa*”. Y el estudiante expresa: (76) “*Cuando aumente en negativo*”. Se nota la confusión del estudiante con el tema del valor de la energía, en este segmento también hizo falta que la profesora le preguntara al estudiante a qué se refería antes de ella responder.

En 77 la profesora repite nuevamente sobre cómo leer la energía, pero ya lo hace con un ejemplo “*como número negativo trece punto seis es menor que punto dos cincuenta y cuatro, como número negativo; como magnitud, como total, absoluto es mayor energía*”. Este tipo de aclaraciones puede ser más dicente para los estudiantes porque tienen una referencia o un valor de comparación. En 78 se muestra cómo los estudiantes se inclinan más por hacer la lectura de la energía como magnitud absoluta, tal vez por su familiaridad y comodidad con los números positivos.

En el turno 80 el estudiante usa la expresión “*perder energía*”, y la profesora de inmediato le corrige repitiendo la parte incorrecta de su respuesta de forma interrogativa (81) *¿perdiendo?* (efecto Topacio). En 82 el estudiante corrige y dice “*disminuyendo*”, se nota que tiene la palabra adecuada en su léxico, pero empleó la más familiar y la que probablemente aprendió en otras experiencias académicas, en donde se habla de que el electrón gana o pierde energía. En 84 el estudiante usa una palabra del común, que no es adecuada al referirse a las transiciones electrónicas, según el estudiante el electrón “*suelta*” la energía.

En la intervención 85 la profesora le dice al estudiante por qué el electrón no “*suelta*” la energía, e incluye en su discurso el por qué no es adecuado hablar de ganar o perder energía, “*por eso no es de perder, eso no es de perder ni ganar, no es eso, no::, disminuye o aumenta de energía por lo que va a cambiar la interacción con el núcleo...*”. Aquí se hace clara la regla de juego sobre usar adecuadamente el lenguaje químico, en donde la profesora hace el trabajo de traducir los términos cotidianos de los estudiantes por términos científicos. De acuerdo a Prados (2009), En las clases los docentes piden a los alumnos que hablen con propiedad, ya que en la clase se está aprendiendo a hablar ciencia, a hablar con términos científicos, compartidos y acordados. Estos cambios de lenguaje permiten a su vez los cambios de significado.

Con respecto a los términos que usan los estudiantes al hablar de transiciones electrónicas (ganar o perder energía), la profesora en la entrevista 4 opina que:

“En la clase es importante trabajar esa parte del lenguaje, que ellos se den cuenta que se habla es de absorción y de emisión. Se habla de cambiar la energía porque ellos están pensando en perder, y entonces cuando piensan en perder y ganar es como meter algo adentro y sacar algo y no es eso ¿cierto? Sino que eso a lo que ellos se refieren con ganar o perder. Que es absorción y emisión, significa es que el electrón cambia, no es simplemente ganar o perder sino que es cambiar, el electrón deja de ser el que era y es también electrón pero con otras características. Por eso es que les da también dificultad porque no se apropian de ciertas palabras, y entonces por eso siguen usando las palabras del sentido común ganar y perder, pero mira que en ganar y perder en el sentido común tú no ves que el objeto cambia, tú no ves eso, ganar y cambiar es como perder... pero ellos no ven en eso, el cambio, la modificación que hay y allá es de modificarse el electrón, pero ese no es el sentido común que tienen de cambiar”. (Entrevista 4, p. 14) (Anexo3).

Episodio 7

Lo que cambia es la interacción entre el núcleo y el electrón

La profesora continua con la misma pareja de trabajo y el estudiante que habló de soltar el electrón, tras la explicación de la profesora en el turno 85 del episodio anterior añade:

(86) Estudiante: El electrón no, pues, se mantiene constante, pues, no constante de que mantenga en un punto [---] siempre va a tener una misma carga.

(87) P: No, pero la carga, pero el electrón en el átomo no es constante.

(88) Estudiante: Pues lo que cambia es la interacción entre el núcleo y el electrón.

(89) P: [REG<] Sí, pero el electrón es distinto, cada que cambio esa interacción tengo es otro electrón porque tienes otra energía, el problema es de energía, el problema no es la palabra electrón, el problema no es la masa y la carga eléctrica porque la masa y la carga intervienen pero ese no es el problema, el problema es finalmente el conjunto de números cuánticos que te definen un electrón, ese es finalmente tu problema ¿por qué? porque lo estoy designando como un orbital atómico y tu orbital atómico es un conjunto de números cuánticos, ese conjunto de números cuánticos designa la energía porque tu problema finalmente m, n, l, éste es tu problema porque estos números cuánticos te están representando la interacción de ese electrón con el núcleo y para este conjunto hay una función de onda, y para esta función de onda hay una energía, este es tu electrón, ese es mi electrón (4) Entonces ¿todos los electrones tienen la misma carga eléctrica? sí ¿todos esos electrones tienen la misma masa? sí, pero no la misma energía por lo tanto no son iguales, estos electrones no son iguales, todos son distintos (4) sí. Listo, ¿qué más?

(90) Estudiante: Y ya, eso era.

(91) P: Es mejor repetir cien veces cambia, absorbe energía o libera energía, cambia la interacción con el núcleo. No puedo perder al núcleo, es que el núcleo en los libros siempre lo pierden, los libros hablan de los electrones pero se pierde todo ese problema con el núcleo atómico, que no tiene sentido, porque los electrones no están libres en el átomo, ellos están en el átomo porque tienen una interacción con el núcleo y con los demás electrones (4s) Esto me está representando transiciones electrónicas, por ejemplo aquí se está suponiendo que el electrón esté en el estado, por ejemplo si es s entonces va

cambiando de energía [---] hasta acá hay un cambio de energía (*la profesora señala el gráfico de las transiciones electrónicas en el átomo*).

(92) Estudiante: Eso pasa en las estrellas y el sol.

(93) P: Sí, eso pasaría en las estrellas y en el sol, en un momento tienes al hidrógeno como $1s^1$, pero en cualquier momento absorbió energía y ese hidrógeno uno ya no es $1s$, ya es setecientos sesentainueve, está en el estado setecientos ¿eso es posible? sí ¿dónde? en la estrella que hay millones de grados Celsius.

(94) Estudiante: ¿O sea que lo que le da calor a las estrellas es la transición electrónica? ¿Cuándo el electrón de este estado baja...?

(95) P: Sí, más bajo está liberando energía y esos son millones y millones de átomos haciendo eso, millones y millones y millones:: de átomos que están haciendo transición electrónica, absorben y liberan.

(96) Estudiante: Entonces cuando dos átomos de hidrógeno se fusionan como en el hidrógeno.

(97) P: Ah, sí pero las fusiones son los núcleos atómicos, no los átomos, dos átomos no se fusionan, se fusionan son los núcleos ¿sí? porque si tú pones dos átomos a interaccionar vas a formar es un enlace químico, vas a formar molécula de dihidrógeno, pero fusión es poner a interaccionar los núcleos atómicos que es distinto, ese es otro problema distinto.

En el turno 86 el estudiante hace una pregunta en donde pareciera que relacionara la carga del electrón (-) con la energía del electrón de cierto nivel cuando dice “*El electrón no, pues, se mantiene constante, pues, no constante de que mantenga en un punto [---] siempre va a tener una misma carga*”, pero en el turno 88 el mismo estudiante se responde cuando expresa “*Pues lo que cambia es la interacción entre el núcleo y el electrón*”. Pero para el alumno ese cambio en la interacción aún no le representa una diferencia de energía, a lo que la profesora responde en 89, “*Sí, pero el electrón es distinto, cada que cambio esa interacción, tengo es otro electrón porque tienes otra energía...Entonces ¿todos los electrones tienen la misma carga eléctrica? sí ¿todos esos electrones tienen la misma masa? sí, pero no la misma energía, por lo tanto no son iguales, estos electrones no son iguales, todos son distintos*”. Este tipo de aclaraciones de la profesora son de suma importancia en la clase, ya que son detalles aparentemente simples del comportamiento del electrón en el átomo, que salen a la luz en las preguntas espontáneas de los estudiantes, enriqueciendo la construcción conjunta de significados en esta aula.

Al final del turno 89 y en el turno 90 cuando la profesora le pregunta al estudiante “*Listo, ¿qué más?*”, parece que lo retara, a lo que él responde “*Y ya, eso era*”. Como en estos últimos dos episodios que corresponden a los mismos estudiantes, la profesora les ha corregido

bastante el léxico y sus apreciaciones en las lecturas de los gráficos, pareciera que el estudiante quisiera librarse de la profesora. Esto es común en momentos en que los estudiantes se sienten cuestionados, y fuera de eso se les dificulta comprender y expresar sus ideas sobre el fenómeno en estudio. Pero en el turno 91 la profesora sigue hablando y dice *“Es mejor repetir cien veces cambia, absorbe energía o libera energía, cambia la interacción con el núcleo. No puedo perder al núcleo, es que el núcleo en los libros siempre lo pierden, los libros hablan de los electrones pero se pierde todo ese problema con el núcleo atómico que no tiene sentido, porque los electrones no están libres en el átomo, ellos están en el átomo porque tienen una interacción con el núcleo y con los demás electrones (4s)...”*.

Este enunciado es relevante en este momento de la clase y tiene un fuerte valor perlocutivo, ya que contiene ideas que se han mencionado en repetidas ocasiones, y es reconocer al núcleo en su interacción con los electrones. Se puede decir aquí que en esta aula la profesora está trayendo constantemente a la clase ideas trabajadas en sesiones pasadas, ya que el modelo cuántico del átomo es un sistema en donde los conceptos se estudian de forma dinámica y no aislada. Algo similar plantean Prados y Cubero (2016) y Prados (2009) en sus estudios, en donde al analizar los argumentos de profesores y alumnos en clases universitarias, encuentran momentos en los que el profesor retoma parte de las ideas discutidas en sesiones anteriores y justifica el contenido de su intervención permitiendo establecer puentes cognitivos entre los significados que se van construyendo.

Otro aspecto importante de esta última intervención de la profesora, es que expresa a los estudiantes una deficiencia que ella encuentra en algunos textos con respecto al núcleo atómico, en donde se habla de los electrones, pero no se hace énfasis en el núcleo y su comportamiento en el átomo. Aquí nuevamente la profesora invita a los estudiantes a ser más críticos con la información que encuentran en los libros del área e internet, a partir de lo aprendido en clase. También podemos decir que la repetición de enunciados en los fragmentos anteriores, apunta a aspectos prácticos que la profesora ha adquirido a través de su experiencia y el conocimiento que tiene del aprendizaje de sus estudiantes. Estos movimientos no constituyen necesariamente el objeto principal de la profesora en esta clase, pero en el proceso de la repetición, vemos que la profesora espera que los estudiantes le den mayor significado a estos mensajes.

Lo anterior se evidencia claramente en el momento en que la profesora dice en 91, “*Es mejor repetir cien veces cambia, absorbe energía o libera energía, cambia la interacción con el núcleo*”. Esta frase trae al recuerdo un enunciado que está consignado en el documento de presentación del curso, que se entrega a los estudiantes al inicio del semestre y del cual se hace referencia en la parte introductoria de este capítulo: “*Es de alto interés en esta asignatura, el trabajo continuo y persistente del estudiante por la apropiación del conocimiento*”. Así esto implique un trabajo constante de la profesora, quién asume su rol de la mejor manera. De acuerdo con Sensevy y Mercier (2007), la gramática del juego didáctico supone que muchos de los enunciados del jugador B (el profesor) tendrán que ser considerados al comienzo, no en la información que comportan *stricto sensu*, ni en la manera en que es suministrada, sino en lo que estos enunciados pretenden lograr a nivel de la acción del alumno.

Lo expresado por la profesora en el turno anterior le recordó al estudiante las transiciones electrónicas ocurridas en el sol y las estrellas. A pesar de que el estudiante ya había cerrado su diálogo con la expresión “*Y ya, eso era*”, se nota que se entusiasma con el tema al encontrar una aplicación real de las transiciones electrónicas en el sol y las estrellas. Esto es curioso porque generalmente en estas clases los estudiantes terminan recurriendo a este tipo de ejemplos, ya que les causa gran curiosidad por tratarse del espacio, el cosmos, temperaturas de millones de grados Celsius, algo fuera de su alcance. La profesora le adiciona más enigma cuando le responde al estudiante en 93, que el electrón puede estar en un estado de “setecientos sesenta y nueve”. En el turno 94 el estudiante relaciona el calor de las estrellas con la energía liberada por el electrón en la transición electrónica, este aspecto es importante en este punto ya que se está constatando una aplicación directa del fenómeno de las transiciones electrónicas, y esto puede resultar significativo en el aprendizaje.

En los turnos 96 y 97 la conversación gira hacia la fusión nuclear, pero la profesora a pesar de que le explica al estudiante en qué consiste, le da más relevancia al tema en curso que va más con el proyecto didáctico de la clase, que en este caso es la interacción de los átomos y la formación de enlaces y moléculas. No queriendo decir que en esta aula no se den espacios para otras conversaciones del área en estudio, sino que en este momento el papel que asume

la profesora es de priorizar e ir encaminando los diálogos, además se dispone a apoyar a otro grupo de estudiantes en sus comprensiones.

Episodio 8

Pero a esa energía no se llega profesora, a ese nivel [infinito] no se llega.

(La profesora se acerca a otro grupo de trabajo)

(98) Pablo: Que más profesora, que más, como está.

(99) P: Yo estoy lo más de bien ¿y tú?

(100) Pablo: Profesora este gráfico me dice que a medida que aumente el nivel de energía, la atracción entre el núcleo y los electrones disminuye ¿acá según esto, infinito sería el vacío?

(101) P: Infinito es... el vacío no, infinito es que no hay interacción núcleo electrón.

(102) Mateo: [DEV<] Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar.

(103) P: [REG] ¿Por qué no?

(104) Mateo (04:28): [DEV<] Porque para eso necesitaríamos que no hubiera ninguna partícula interactuando con el electrón.

(105) P: Claro.

(106) Mateo (04:35): [DEV<] Pero en todas partes hay partículas.

(107) P: [REG<] Sí, por eso, cuando él interacciona, esta partícula colisiona con el electrón y le da la energía suficiente y el electrón se va del átomo de hidrógeno.

(108) Mateo: Pero a esa energía no se llega profesora, a ese nivel no se llega.

(109) P: Sí.

(110) Mateo: Es que infinito puede ser tomado como...

(111) P: Infinito es el (*la profesora se dirige al tablero y señala al estudiante en una representación del átomo de hidrógeno que dibujó al inicio de la actividad, Ep.1*) hace esta distancia muy grande, si esta distancia es muy grande esta energía se aproxima acá a este número.

(112) Mateo: Pero eso quiere decir que hay un punto donde el electrón se...

(113) P: Se rompe la interacción y ¡chao electrón, hasta luego, que le vaya bien!

(114) Pablo: Eso es los aceleradores, esos aceleradores...

(115) P: No, los aceleradores son para trabajar con núcleos atómicos, un acelerador es para romper núcleos no para romper átomos, los átomos se rompen con el mechero, con esos sistemas de voltaje nuestros, pero romper los núcleos ahí sí necesita aceleradores.

(116) Pablo: ¿Pero y entonces ellos [los científicos] cómo hacen para mantener ese núcleo luego de extraer el electrón? ... estable habiéndole quitado una carga?

(117) P: Manteniendo la energía del sistema, usted tiene que tener energía para tener núcleos atómicos [---] por eso arman aceleradores de partículas... porque en los núcleos es imposible en los que tiene la ciencia y la tecnología hasta hoy, para romper núcleos se necesita ese instrumento que llaman acelerador de partículas. Pero romper átomos y romper moléculas, o sea, romper núcleos y electrones lo puedo hacer en las reacciones químicas ¿en las reacciones químicas qué hay? hay rompimiento de interacciones entre núcleo y electrones, pero si voy a romper es el núcleo ese es otro problema distinto.

(118) Pablo: Pero es que el problema es mantener el núcleo estable sin que...

(119) P: Ah, es que el núcleo sí, el núcleo se mantiene estable porque la energía que tiene el sistema no lo perturba.

(120) Pablo: [DEV<] Obviamente los electrones nunca van a desaparecer...

(121) P: [REG<] Ah no, ellos no desaparecen, están en el sistema, están en un plasma, se forma un plasma, núcleos y electrones en un plasma...

(122) Pablo: Pero entonces siempre va a haber alguna fuerza si están...

(123) P: Cuando hay tanta, tanta:: energía que los electrones no pueden interaccionar con el núcleo, están cansados, agotados, tan agotados que esos electrones no interaccionan con el núcleo y es el núcleo el que se rompe, se rompe esa interacción de ese núcleo.

(124) Pablo: Están cansados porque ya han gastado mucha energía pasando de niveles.

(125) P: Están cansados los electrones y no pueden hacer nada porque es tanta, tanta la energía que se vuelve relevante ese núcleo atómico, entonces el núcleo atómico es el que se empieza a destruir o a recomponer. Cuando disminuye la temperatura del sistema, los núcleos vuelven a ser estables, capturan electrones y vuelven a ser moléculas (.) o las moléculas, rompo las moléculas, se fueron todos mis electrones y luego vuelvo al núcleo atómico, rompo el núcleo, núcleos (.) Ahora eso sucede según la energía del sistema.

En este episodio los estudiantes inician saludando a la profesora (98). Es importante resaltar que estos dos estudiantes muestran gran inquietud en la clase, y se nota que les gusta conversar con la profesora sobre las temáticas del curso y el área en general. Además habitualmente son ellos los que hacen las preguntas y en ocasiones sus propias aseveraciones.

En el turno 100 uno de los estudiantes inicia con una apreciación importante sobre la lectura del gráfico de transiciones electrónicas “...*A medida que aumente el nivel de energía, la atracción entre el núcleo y los electrones disminuye ¿acá según esto, infinito sería el vacío?*”. Aquí el estudiante relaciona la palabra infinito con el vacío, es decir tiene una apreciación cosmológica del mismo, en donde se habla de algo muy extenso, sin fin; pero el concepto de infinito en el átomo es en términos de micro. A este respecto en la entrevista 3,

p. 8-9, cuando se le pregunta a la profesora el por qué los estudiantes preguntan repetidamente por el infinito (como se verá en otros turnos posteriores), ella responde:

P: Hay un momento en que la transición es por fuera, hacia el exterior del átomo, no en el interior del átomo... Pero entonces a ellos les da mucha dificultad entender ese infinito porque no es el infinito matemático que ellos normalmente tienen. Por eso es que se les dificulta cuando uno les dice que la ionización es ir al infinito el electrón.

En el turno 102 el estudiante le dice a la profesora: “*Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar*”. Aquí el estudiante toma el infinito como una zona del plano físico cuando habla de “lugar”, pero luego cae en cuenta y corrige su expresión cuando adiciona el “nivel de energía del átomo”. Los estudiantes se van haciendo conscientes al emplear el léxico adecuado para referirse a los fenómenos que ocurren al interior de los átomos. En 103 la profesora le pregunta al estudiante el porqué de su apreciación, a lo que él responde: “*Porque para eso necesitaríamos que no hubiera ninguna partícula interaccionando con el electrón*”. Aquí lo que llama la atención, es que el estudiante se hace preguntas que van más allá y no se queda en el plano de solamente analizar los valores de energía de los gráficos, casi que con esta pareja de estudiantes las conversaciones se han centrado en otros aspectos del tema. Pero es aún más interesante cuando el estudiante dice en 106, “*Pero en todas partes hay partículas*”. Este último enunciado tiene una carga teórica y epistemológica interesante, ya que el estudiante está pensando la materia desde el punto de vista atómico en todo lo que lo rodea.

El estudiante entabla con la profesora un diálogo que más parece de pares académicos, es decir un diálogo simétrico¹⁹, por la forma como pregunta y las aseveraciones que hace, en donde se evidencia que ha incorporado elementos del saber que le permiten hacer este tipo intervenciones, o por lo menos cree tener estos fundamentos por la seguridad con que expresa sus apreciaciones. Lo anterior se muestra cuando en 108 dice: “*Pero a esa energía no se llega profesora, a ese nivel no se llega*”, a lo que la profesora le responde: sí se llega.

¹⁹ Se produce entre dos o más personas que se encuentran en igualdad de condiciones y/o son pares, utilizando códigos entendibles entre ellos y manejando un mismo registro de habla, dependiendo de la situación comunicativa. Supondría un progreso paralelo de los interlocutores en la elaboración de un conocimiento, un paso simultáneo de etapas gracias al apoyo recíproco (Postic, 1982).

En el turno 110 el estudiante hace una pregunta y la profesora contesta rápidamente y no le deja terminar la idea, “*Es que infinito puede ser tomado como...*” lo mismo ocurre en el turno 112 “*Pero eso quiere decir que hay un punto donde el electrón se...*”. En ocasiones la profesora se entusiasma tanto con el tema y la sinergia encontrada con algunos estudiantes que no deja a estos responder o terminar sus ideas, como si adivinara lo que van a decir o a preguntar. Aquí se puede decir que la profesora bloquea la devolución, tal vez con el fin de orientar la acción de los estudiantes desde lo que ella cree que saben y termina dando las respuestas.

Los estudiantes siguen cuestionando por el infinito; la profesora en 111 usa el tablero para explicar con una representación del átomo de hidrógeno, indicando que la distancia del núcleo al electrón se hace muy grande. Es común que la docente pase al tablero a reforzar las preguntas de los estudiantes cuando ve que siguen insistiendo en el mismo asunto. Es probable que intuya que al usar este tipo de representaciones de modo más gráfico, los estudiantes comprendan mejor que dando solo la respuesta de modo discursivo.

En el turno 113 la profesora usa un lenguaje coloquial y un tanto jocoso para decirle al estudiante que el electrón se aleja del átomo rompiendo la interacción con el núcleo “*Se rompe la interacción y ¡chao electrón, hasta luego, que le vaya bien!* Este tipo de expresiones pueden hacer que en ciertos momentos, la clase se torne más descomplicada y no tan rígida con respecto al lenguaje empleado, pero lo conveniente es que sean escasas en el aula.

En 114 el estudiante introduce en el diálogo al acelerador de partículas ya que lo relaciona con el tema de conversación, y la profesora le responde sobre lo que hace el acelerador de partículas (romper núcleos), que es diferente a romper interacciones núcleo-electrón. En el turno 116 al estudiante se le ocurre una pregunta: “*¿Pero y entonces ellos [los científicos] cómo hacen para mantener ese núcleo, luego de extraer el electrón?... estable habiéndole quitado una carga?*” y la profesora le complementa la información sobre cómo se comporta el acelerador de partículas. Pero el estudiante sigue con la duda de la estabilidad del núcleo cuando vuelve y pregunta en 118 “*pero es que el problema es mantener el núcleo estable sin que...*”. El estudiante incluye en su enunciado la palabra “*problema*” de la que tanto habla la profesora. La profesora en su afán de responderle no lo deja terminar la idea, y en su

respuesta habla de que el núcleo permanece estable porque la energía que tiene el sistema no lo perturba.

El estudiante en el turno siguiente sigue con la duda de que le pasa a los electrones y por ello dice en 120, “*Obviamente los electrones nunca van a desaparecer...*”, y la profesora en su respuesta habla del estado plasma formado por núcleos y electrones. Aquí la pregunta del estudiante da lugar a que entren al medio otras situaciones y fenómenos relacionados con el átomo.

En el fragmento 123 la profesora usa nuevamente una expresión común que se ha empleado en algunos momentos de forma coloquial, para decir que los electrones pueden perder energía y “*estar cansados*”. Este enunciado está relacionado con la transición del modelo atómico de Rutherford al modelo atómico de Bohr, quien resolvió la cuestión de “¿Por qué los electrones no caen al núcleo?”, es decir en algún momento se cansan de dar vueltas y pueden colapsar contra el núcleo. Pero en este caso la expresión la usa la profesora para indicar que los electrones se cansan, se agotan, por la energía necesaria para liberarse del núcleo. Aquí se puede decir que está haciendo uso de una analogía para explicar esta situación de los electrones en el átomo.

En el turno 124 el estudiante hace una observación interesante y usa la palabra introducida por la profesora “*Están cansados porque ya han gastado mucha energía pasando de niveles*”. Al final del episodio en la intervención 125, la profesora complementa la información sobre lo que le sucede a ese núcleo atómico en esa situación: “*se empieza a destruir o a recomponer, vuelven a ser estables (cuando disminuye la temperatura del sistema), capturan electrones y vuelven a ser moléculas...*”. Y termina con una de las ideas centrales del proyecto didáctico de esta clase “*Ahora eso sucede según la energía del sistema*”.

Episodio 9

Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?

(La profesora continúa con la misma pareja de estudiantes)

(126) Mateo: Profesora una pregunta ¿qué tiene que ver los estados excitados con la interacción entre el núcleo.

(127) P: Ah, porque cada estado excitado es una interacción núcleo-electrón, que el electrón esté en el estado seis no quiere decir que no hay interacción porque si no hay interacción entonces no hay átomo,

no hay átomo, pero cuando tú tienes el electrón, tú tienes un electrón 1s y tienes ese mismo electrón pero en 6s, aquí hay una interacción de núcleo- electrón... Si no hay interacciones no hay átomo, el átomo es un problema de interacciones entre núcleo y electrones y eso finalmente es energía. No sé qué escribiste ahora en tu hojita, no sé si las interacciones aparecen como la esencia del átomo o no en ustedes, no sé (*la profesora se refiere al quiz que presentaron los estudiantes al inicio de la clase*).

(128) Mateo: Pero al final de cuentas entonces un estado excitado es...

(*La profesora se dirige al tablero y escribe varios símbolos de la distribución electrónica que representan estados excitados en el hidrógeno*).

(129) P: Un estado excitado es que el electrón no esté en el estado basal, o sea, en el hidrógeno el estado basal es 1s, a partir de 2s, todo lo que usted quiera son estados excitados (8) 2s en el átomo de hidrógeno, si en algún momento es $2s^1$ ya es un estado excitado; en otro momento el hidrógeno es $6p^1$ es un estado excitado; en otro momento el hidrógeno es 11d eso es un estado excitado; todos estos son estados excitados.

(130) Mateo: ¿Este infinito implica el momento en el cual tengo un núcleo...(*el estudiante señala el nivel infinito en el gráfico*)

(131) P: Ah, en el caso del hidrógeno quedará sólo el núcleo atómico y el electrón libre tendrá un plasma, tiene núcleos y electrones libres.

(132) Mateo: Ese infinito me indica que ya [puedo] hablar de núcleo.

(133) P: [No] hay interacción en el núcleo, °núcleos libres y electrones libres°.

(134) Mateo: Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?

(135) P: Va a depender del radio atómico del átomo, si su radio atómico es doce picómetros, cuando supere doce picómetros está en el infinito el electrón; si el radio atómico es ciento cincuenta picómetros, cuando supere ciento cincuenta picómetros ese es el infinito para ese átomo, pero hay otro átomo donde el radio atómico es trescientos picómetros cuando supere trescientos está en el infinito (4s) porque los átomos son distintos y tienen diferente radio atómico. Porque esto es tan grande que esto se aproxima a cero (.). (*La profesora pasa al tablero y usa la ley de Coulomb para mostrarle al estudiantes la variable de la distancia, es decir el radio del átomo*), cuando esto se aproxime a cero estoy en el infinito.

(136) Pablo: Profesora, entonces ¿en sí en el catión hidrógeno hay o no hay interacciones eléctricas?

(137) P: No hay porque no hay electrón, es que en un catión cuál es el electrón de un catión hidrógeno, no hay, porque el electrón está libre por allá lejos del núcleo atómico, entonces no hay.

(138) Pablo: Yo puedo pensar que ya llegó al nivel de energía infinito.

(139) P: El estado de energía es infinito (6s), pero eso no es igual en todos los átomos.

(140) Pablo: Profesora, porque se dice que la mecánica cuántica nadie la entiende.

(141) P: ¿Nadie qué?

(142) Pablo: Nadie la entiende, si esto es mecánica cuántica.

(143) P: [REG<] Esto es mecánica cuántica. No lo que no entienden es el formalismo matemático que es distinto. Si tú te pones con todo el tratamiento matemático no entiendes nada, pero entender el átomo se puede hacer sin ese formalismo.

(144) Pablo: Profesora cómo es posible que uno entienda los procesos que ocurren en el átomo sin entender el formalismo.

(145) P: Entender que cambia el electrón, como cambia, que hace transiciones... todo eso lo puedo entender...Es posible que tu entiendas el formalismo matemático, sí, claro que es posible, pero entonces se sienta bien juicioso, tiene unas matemáticas superpoderosas de ecuaciones diferenciales, transformadas de Fourier, transformadas de coordenadas polares y se sienta a estudiar el átomo de hidrógeno y lo va a entender con absoluta seguridad, lo que pasa es que tiene que llenarse de todo eso, vea que ello nace de todo el sistema que le proporciona la comprensión, si no, no, pues eso no entra solito ahí, no, lo voy a echar en mi morral, no, eso no entra así.

(146) Pablo: Gracias profesora.

En el turno 126 el estudiante le pregunta a la profesora sobre la relación entre los estados excitados y la interacción entre el núcleo, a lo que la profesora le responde *“Ah, porque cada estado excitado es una interacción núcleo-electrón, que el electrón esté en el estado seis no quiere decir que no hay interacción, porque si no hay interacción entonces no hay átomo”*. Al final de este turno la profesora cierra nuevamente con la idea central del proyecto didáctico *“Si no hay interacciones no hay átomo, el átomo es un problema de interacciones entre núcleo y electrones y eso finalmente es energía”*. Algo de resaltar aquí, es que la profesora espera que los estudiantes le den la importancia que para ella representa este tipo de apreciaciones, y esto se evidencia cuando dice en 127 *“No sé qué escribiste ahora en tu hojita, no sé si las interacciones aparecen como la esencia del átomo o no en ustedes, no sé. (La profesora se refiere al quiz que hizo al inicio de la clase, en donde una de las preguntas era: ¿qué se entiende por átomo y molécula?)”*. Pero es probable que los estudiantes no dimensionen del todo la carga teórica que la profesora pretende transmitir con estos enunciados.

De lo anterior se puede decir que cuando se trata de realidades o temas abstractos los estudiantes prestan atención a aquella información que resulta significativa para ellos. Es decir, a los contenidos con los que pueden conectar porque recurren a sus experiencias, a las cuestiones, problemas, intereses, metas, preferencias, y no siempre son coincidentes con los objetivos de los que participan (Valsiner, 1996). A esto se le ha denominado perspectiva evolutiva co-construccionista según la cual los significados no son aceptados tal y como son comunicados. Este mismo autor al describir el proceso de la co-construcción en un aula, muestra que en cada momento de la interacción, los participantes pueden crear su propia

interacción hacia una meta cuya orientación puede converger o mostrar divergencias con la de otros participantes.

Sin embargo, no es solo el discurso en forma de interacción en la clase lo que se organiza de manera co-constructiva. De acuerdo a Ignacio (2005), el profesor puede tratar de mantener a los alumnos centrados en la tarea, pero la creciente variedad de actividades de clase también incluye una renegociación constante de estos objetivos. A esto se debe que la profesora de este estudio constantemente esté recordando a los estudiantes, por ejemplo, la importancia de usar la representación adecuada del modelo en estudio (el modelo mecánico-cuántico del átomo), así para los estudiantes no sea del caso en ciertas actividades volver a dibujar el átomo de acuerdo a este modelo. La profesora también repite constantemente frases de acuerdo al proyecto didáctico de la clase: *“El problema es de energías y de interacciones”, “si no hay interacción no hay átomo, porque mi problema es de interacción, y las interacciones son energía finalmente”, “No sé qué escribiste ahora en tu hojita, no sé si las interacciones aparecen como la esencia del átomo o no en ustedes, no sé”*. Estas consignas son importantes para la profesora, pero eso no significa que los estudiantes hagan uso de ellas o las tengan presentes en las diversas actividades. Con la repetición la profesora trata de hacer conscientes a los estudiantes de ellas.

En 127 el estudiante muestra que no fue suficiente la respuesta anterior de la profesora, a lo que vuelve y pregunta *“Pero al final de cuentas entonces un estado excitado es...”*. Nuevamente la profesora pasa al tablero y usa un medio más que discursivo tratando de hacer entendible la explicación que da al estudiante, escribiendo algunos símbolos de la distribución electrónica. En el turno 130 el estudiante sigue con la intriga del infinito, ya que ha preguntado varias veces por este, pero en este caso incluye parte de lo conversado en los últimos turnos del episodio anterior (el núcleo atómico) *“Este infinito implica el momento en el cual tengo un núcleo”*, aquí el estudiante muestra que puede ligar y relacionar saberes, es decir está pensado el átomo como un sistema dinámico en donde unos fenómenos implican otros; para el estudiante al electrón pasar al estado de energía infinito, queda solo el núcleo. De 131 a 133 se introducen al medio conceptos como: electrones libres, núcleos libres y estados plasma.

En el turno 135 el estudiante continua preguntando sobre el infinito cuando dice: “*Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?*”. Da la impresión que se imagina el infinito del mundo macro, aunque en el episodio anterior (Ep, 8:102) se presentó una duda similar con esta misma pareja de estudiantes cuando decían, “*Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar*”. Aquí se nota que persiste la duda del infinito en el átomo, ya que les cuesta imaginarse el infinito a escala cuántica, pero también se puede deber a que este concepto en el átomo les genera cierto misterio al relacionarlo con el infinito del que han oído hablar en el mundo macro. Por el contenido de la pregunta del estudiante al referirse al infinito, la profesora introduce otro aspecto relacionado con los radios atómicos que tienen una fuerte implicación en lo que representa el infinito de cada átomo. Aquí podemos resaltar la riqueza de este tipo de interacciones del profesor con los estudiantes, ya que pareciera que se hablara de lo mismo cada vez que los estudiantes preguntan sobre infinito, pero en realidad se van tocando otros factores que van conformando el entramado teórico del asunto (interacción núcleo-electrón, núcleos y electrones libres, radios atómicos etc.).

En este caso la profesora enfoca la respuesta a los radios atómicos y su relación con el infinito en cada átomo, (135) “*Va a depender del radio atómico del átomo, si su radio atómico es doce picómetros, cuando supere doce picómetros está en el infinito el electrón; si el radio atómico es ciento cincuenta picómetros, cuando supere ciento cincuenta picómetros ese es el infinito para ese átomo, pero hay otro átomo donde el radio atómico es trescientos picómetros, cuando supere trescientos está en el infinito (4s), porque los átomos son distintos y tienen diferente radio atómico*”. Pero aquí la pregunta del estudiante se puede decir que resulta bastante pertinente, porque según la respuesta de la profesora, el infinito en un átomo si tiene un fin, y es el radio del átomo, cosa opuesta con el infinito matemático (macro).

En este episodio se muestra cómo los significados se van construyendo en los diálogos de clase con lo que dicen y hacen los interlocutores, mediante las preguntas y las respuestas dadas. Como lo señala Cubero et al. (2008), de unas versiones se van pasando a otras (128,130, 132, 134) ampliando significados (129, 135), introduciendo ideas, definiendo significados en otros contextos (135), deduciendo, relacionado la información de unas intervenciones con la de otras (126, 128).

En el turno 136 el estudiante hace una pregunta referida al catión H^+ : ¿En sí en el catión hidrógeno hay o no hay interacciones eléctricas?, a lo que la profesora responde que no hay... (137). Es probable que el estudiante tuviera claridad al respecto, pero quería verificar la información para responder una de las preguntas del documento sobre la lectura. En 138 el estudiante relaciona el catión H^+ con el “*nivel de energía infinito*”, a lo que la profesora le corrige que es más adecuado decir: (139), “*El estado de energía es infinito*”. Aquí se están negociando significados alrededor del tema, ya que a pesar de que los estudiantes con sus intervenciones la mayoría de las veces hacen aportes coherentes, la profesora les ayuda a precisar y en algunos casos les corrige ciertas apreciaciones.

Del turno 140 al 145 se entabla un diálogo alejado de la dinámica del documento de estudio, pero relacionado con el modelo atómico en general (140) “*Profesora, por qué se dice que la mecánica cuántica nadie la entiende*”. Alrededor de esta idea se nota que hay un mito que se propaga entre los estudiantes. A lo que la profesora responde: (143) “*No, lo que no entienden es el formalismo matemático que es distinto... pero entender el átomo se puede hacer sin ese formalismo*”. El estudiante sigue con la duda cuando nuevamente pregunta “*Profesora cómo es posible que uno entienda los procesos que ocurren en él átomo sin entender el formalismo*”. Para los estudiantes el componente más importante del modelo mecánico cuántico es el bagaje matemático, el cual es imprescindible para entender el comportamiento del átomo. Esta postura se acentúa cuando algunos autores afirman que la Física Cuántica solo puede ser formulada en términos de conceptos matemáticos (Gunter, 1980) o que su potencialidad explicativa solo podrá apreciarse a través de un buen manejo del formalismo (Fischler & LichtfedtI, 1992).

En 145 la profesora le responde al estudiante “*Entender que cambia el electrón, cómo cambia, que hace transiciones... todo eso lo puedo entender...Es posible que tu entiendas el formalismo matemático, sí, claro que es posible, pero entonces se sienta bien juicioso, tiene unas matemáticas superpoderosas de ecuaciones diferenciales, transformadas de Fourier, transformadas de coordenadas polares...*”

Sobre el proyecto didáctico de estas clases, la profesora dice en una de las entrevistas: “*La idea es que los estudiantes comprendan lo que sucede en el átomo internamente y que lo comprendan de modo cualitativo, no en el sentido de hacer de las matemáticas*”. (Entrevista

4, p.6). Como se está trabajando con estudiantes de la carrera de Química, tienen en mente que en algún momento deben asumir parte del estudio del formalismo matemático del átomo, y sus preguntas reflejan lo inquietos que se empiezan a sentir por ello.

En los dos últimos episodios (8,9) que corresponden a los mismos estudiantes, se puede decir que hay momentos en los que se presentan situaciones no previstas por el profesor en el plan de clase, en cuanto al contenido de las preguntas o los diálogos que las generan (Ep.8:116, Ep.9: 34, 140). Pero además, como señala Kennedy (2005), se trata de situaciones que "amenazan con desviar este plan": por un lado, porque la pregunta inesperada puede hacer a la clase "irse del tema" y además, porque este hecho en sí mismo -no estimar adecuadamente las posibles preguntas de los alumnos- pone en duda la planificación misma: "Cuando esto sucede, la clase transcurre por caminos que el docente no ha imaginado" (p. 96-97). Pero aquí podemos decir que la profesora trata de encaminar este tipo de situaciones y no parece que lo viera como amenaza, ya que se muestra complacida cuando sus estudiantes preguntan, e incluso generalmente es ella quien anima a los estudiantes a plantear sus inquietudes.

A nivel de los procesos didácticos, en los anteriores dos episodios los estudiantes muestran apropiación del saber por medio de la interacción transaccional que establecen con la profesora, en donde se revela que están tan inmersos en la tarea que pareciera que realmente están compartiendo un problema común con la docente. También se puede decir que el contenido transaccional a pesar de centrarse en los mismos objetos de estudio, varía según los grupos o los estudiantes pero con una constante: la necesidad de consenso y co-construcción de significados haciendo uso del lenguaje científico propio de la disciplina de estudio en esta aula.

Por la forma de hacer las preguntas y de abordar los contenidos, se puede decir que se dan avances mesogenéticos importantes con estos dos alumnos. Además en esta clase se empiezan a ver elementos conceptuales más elaborados en las preguntas y contra-preguntas de los estudiantes. En estos episodios surgen y se desarrollan a la vez desplazamientos topogenéticos, en los que los estudiantes van construyendo su postura experta que implica tanto la construcción de nuevos conocimientos, como la capacidad de movilizarlos en nuevos contextos (Ep.8:116, Ep.9: 134, 143). Lo anterior se evidencia en la confianza que tiene el

estudiante en su propio hacer y en el conocimiento en juego, siendo una señal positiva del control que muestra sobre la situación.

A nivel cronogenético la profesora da por terminada las interacciones con los grupos de trabajo y finaliza la clase.

El siguiente episodio se presentó en un semestre diferente de las sesiones de clase seleccionadas para este estudio (2014/2), pero se incluyó en esta parte del tema ya que contiene elementos que ameritan ser tenidos en cuenta en los análisis.

Episodio 10

Los estudiantes están aplicando la ley de Coulomb para calcular la fuerza de atracción en un átomo. Al obtener el resultado el estudiante le expresa a la profesora:

Profe yo cómo voy a tener una energía negativa, “eso es ilógico”.

(147) Estudiante: Profe cómo así que una energía negativa, tengo una cantidad de energía, yo no entiendo una energía negativa, debería de ser positiva.

(148) P: Debería, pero no aquí.

(149) Estudiante: Profesora será que eso va a tumbar el absoluto.

(150) P: Las energías positivas son de la superficie terrestre hacia el interior, pero en el átomo son positivas y negativas.

(151) Estudiante: Profe yo cómo voy a tener una energía negativa, “eso es ilógico:..”

(152) P: Ilógico en el mundo clásico.

(153) Estudiante: Profe es que eso no tiene explicación, cómo voy a tener interacción in... in., (3s) *(el estudiante trata de encontrar una palabra para describir lo que piensa y no la encuentra)* Ahí es como si estuviera perdida la energía. Eso quiere decir que tengo una pérdida de energía de...

(154) P: No, no, en el mundo clásico, pero estás en el átomo (4s). No estás en el movimiento de un carro allí por la calle Barranquilla, yo estoy aquí parada y estoy aquí viendo al carro que pasa *(la profesora se sonríe)*.

(155) Estudiante: No entiendo, no entiendo por qué es la energía negativa *(el estudiante se queda pensando con la mano en la cabeza y hace gestos con su boca)*.

(156) P: Ya te aproximarás a entender eso.

(157) Estudiante: Porque entre dos electrones es positiva.

(158) P: Entre dos electrones es positiva y entre núcleo y electrón es negativa.

(159) Estudiante: No debería ser al contrario (.), es que aquí parece que hubiera una pérdida de energía.

(160) P: Es que eso no es perdido, esa es la energía que posee el electrón en movimiento con respecto al núcleo, de atracción eléctrica. Es la energía implicada en la atracción eléctrica.

(161) Estudiante: Si el electrón se aleja del núcleo el electrón gana energía, si::

(162) P: Si está pensando con números negativos es más negativa o menos negativa.

(163) Estudiante: Si se está acercando al núcleo pierde energía, y entre más lejano va a estar... *(Mientras el estudiante habla, hace un esquema en su cuaderno de un electrón alejándose del núcleo).*

(164) P: Ahí estás haciendo un cambio de un menos y ese menos te está indicando que el electrón de esa interacción eléctrica con el núcleo atómico tiene una magnitud de energía de menos tal cosa *(la profesora se ríe).*

(165) Estudiante: No pues gracia *(el estudiante hace un movimiento de sus manos y también se ríe).*

(6s) Eso no cuadra profe.

(166) P: No cuadra en la mente clásica.

(167) Estudiante: No cuadra con Newton.

(168) P: [REG<] Si, eso contradice a Newton, tiene toda la razón. Si póngase bravo con Newton tiene toda la razón, pero esa situación no es newtoniana (4s), porque para Newton los objetos que interaccionan son masas y aquí lo que estás interaccionando son cargas eléctricas, entonces esa situación no es newtoniana.

(169) Estudiante: Estudiante frota sus ojos con su mano y con su cabeza hace un movimiento de desaprobación (6s).

(170) P: [INST] El negativo me indica que la fuerza eléctrica es de atracción y el positivo me indica que es de repulsión, ahora en la energía significa que la energía es negativa. Ahora que uno tenga en la cabeza que la energía siempre es positiva ese es otro problema porque siempre nos han enseñado que es un absoluto. Pero cuando te vas al átomo en general a la molécula, la energía de los electrones siempre son negativos.

(171) Estudiante 2: Entonces me tienen que cambiar el chip para entender esto (la estudiante se pone los dos dedos índices de su mano en los lados de la frente y se ríe).

(172) P: Escriba esa conclusión Camila que es muy buena.

(La profesora les habla a todos los estudiantes)

(173) P: Para la próxima clase... la interpretación del gráfico del sodio...

En todo este episodio se evidencia claramente cómo los conceptos y nociones que los estudiantes tienen de la física clásica, interfieren o dificultan el aprendizaje del comportamiento del átomo de acuerdo al modelo mecánico-cuántico. Esto se observa desde el turno 147 en donde el estudiante le dice a la profesora, a modo un tanto de reclamo, que no entiende por qué la energía es negativa, ya que según él, debería ser positiva. La profesora lo sigue con una especie de juego (juego del saber) y simplemente le responde en 148,

“Debería, pero no aquí”. A lo que el estudiante repone en 149 *“Profesora será que eso va a tumbar el absoluto”*. Aquí se muestra como el estudiante tiene la idea de trabajar con el absoluto para simplemente interpretar cualquier valor como positivo, ya que probablemente no está acostumbrado a trabajar con números negativos ni magnitudes físicas negativas. A la pregunta del estudiante la profesora le responde interponiendo la diferencia entre los dos modelos, el de la física clásica y el modelo cuántico del átomo, y cómo es la energía en cada uno de ellos. La profesora en estas clases tiene que recurrir generalmente a marcar esta diferencia, ya que los estudiantes están fuertemente influenciados por los conocimientos que han adquirido de la física clásica y todo lo acomodan a esa realidad.

En el turno 178 el estudiante sigue con su conflicto cognitivo cuando dice *“Profe yo cómo voy a tener una energía negativa, eso es ilógico”*, y continúa con la duda de que si tiene una cantidad de algo, en este caso energía, no debería ser negativo. La profesora simplemente responde en (152), *“Ilógico en el mundo clásico”*. En física clásica desde el punto de la representación fisicomatemática la energía es positiva. Pero lo interesante de este estudiante es que al darse cuenta que le están planteando algo distinto, cuestiona e insiste en el porqué de la diferencia.

En el siguiente turno (153) el estudiante trata de encontrar una palabra con la cual poder expresar el valor negativo de la interacción (en este caso de repulsión) *“Profe es que eso no tiene explicación cómo voy a tener interacción in... in..., (3s) ahí es como si estuviera perdida la energía. Eso quiere decir que tengo una pérdida de energía de...”*. Cuando el estudiante trata de buscar un término que empiece con “in” para definir la energía negativa de esa interacción, es probable que buscara un concreto, como los concretos materiales.

La profesora nuevamente recalca la diferencia del mundo clásico y el cuántico, pero el estudiante sigue sin entender y la ventaja aquí es que no tiene inconveniente en expresarlo en el turno 155 cuando dice, *“No entiendo, no entiendo por qué es la energía negativa”*. Este tipo de dudas es factible que otros estudiantes las tengan, pero no lo exponen abiertamente o terminan diciéndole a la profesora que ya lo entendieron.

Según Correa, Cubero y García (1994) y Candela (1999) para que los alumnos construyan nuevos conocimientos es necesario que sean conscientes de sus propias comprensiones, lo cual

a veces solo se logra cuando se les pide que las expliciten. El hecho de que un alumno conozca, discuta y reflexione sobre sus propias ideas es esencial para el aprendizaje. Las ideas de los alumnos pueden ser tan distintas al nuevo contenido que hace que entren en conflicto.

La profesora finalmente le contesta en (156) “*Ya te aproximarás a entender eso*”. En este tipo de interacciones no necesariamente se tiene que llegar a un acuerdo; los acuerdos pueden ser a largo plazo. Aquí hay un fenómeno de cronogénesis ya que así la discusión este apasionante, si el profesor ve que no gira a donde tiene que ir, simplemente dirá que es la sumatoria de todos esos momentos y que sobre un tiempo (un semestre, un año o más), el estudiante va a terminar comprendiendo el fenómeno en estudio. Aprender supone un continuo proceso de reorganización y reestructuración de los conceptos y no toda situación de enseñanza promueve la interacción de los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos contenidos. De acuerdo con Coll (1983) y Pozo (1996), no se trata de tener en cuenta las concepciones de los alumnos al inicio de un tema o unidad de trabajo y pretender “eliminarlas” o, en el mejor de los casos, modificarlas, sino de trabajar con ellas a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el turno 157 el estudiante sabe que las fuerzas de repulsión, es decir entre dos electrones son positivas, pero sigue con su idea de que debe ser de otro modo (159). La profesora le responde que entre dos electrones es positiva y entre núcleo y electrón es negativo. En 159 el estudiante expresa que si la energía es negativa, eso implica pérdida de energía, a lo que la profesora le responde en 160, “*Es que eso no es perdido, esa es la energía que posee el electrón en movimiento con respecto al núcleo, de atracción eléctrica. Es la energía implicada en la atracción eléctrica*”.

En los turnos 161 y 163 el estudiante hace deducciones lógicas de los fenómenos electrónicos en el átomo, es decir, si un electrón se aleja del núcleo es porque gana energía, y si se acerca al núcleo, pierde energía. En este momento la profesora está centrada en otro aspecto con este estudiante, y no le corrige lo de ganar o perder energía, como en otras interacciones con otros estudiantes en donde les exige usar términos como absorber y emitir energía. La profesora le sigue contestando al estudiante a modo de reto y le dice “*Ahí estás haciendo un cambio de un menos, y ese menos te está indicando que el electrón de esa interacción*”.

eléctrica con el núcleo atómico tiene una magnitud de energía de menos tal cosa (la profesora se ríe). La profesora sigue con el proyecto de hacer caer en cuenta al estudiante que la energía puede ser negativa en el átomo y eso no representa un problema de pérdida. El estudiante contesta en 165 “*No pues gracia*”, ya que sigue con la discordia por el valor negativo de la energía. Debido a que este estudiante se cuestiona bastante en las clases, y ha generado una especie de confianza o colegaje con la profesora, esto hace que se establezca un tipo de intercambio discursivo un tanto jocoso, en donde la profesora al verlo desconcertado, le responde pero enfatizando su error de apreciación.

En los turnos siguientes se continúa con el mismo asunto, en donde la profesora le dice al estudiante que lo anterior no cuadra en la mente clásica (166), a lo que el estudiante dice: no cuadra con Newton (167). Esta expresión del estudiante desencadena en la profesora un comentario gracioso, que ha venido marcando la tónica de esta conversación (168), “*Sí, eso contradice a Newton, tiene toda la razón. Sí, póngase bravo con Newton tiene toda la razón, pero esa situación no es newtoniana (4s), porque para Newton los objetos que interaccionan son masas y aquí lo que estás interaccionando son cargas eléctricas, entonces esa situación no es newtoniana*”. Con respecto al contenido de la respuesta, se evidencia nuevamente que el estudiante no tiene claros los límites de la física clásica con respecto a la cuántica, ya que no ve la mecánica cuántica como un cambio frente a la newtoniana.

En el turno 169 el estudiante sigue con sus gestos de desaprobación, a los que les pone un tanto del humor de la profesora. En 170 la profesora hace una institucionalización cuando resume los aspectos claves de las dudas de los estudiantes de este episodio y dice: “*El negativo me indica que la fuerza eléctrica es de atracción y el positivo me indica que es de repulsión, ahora en la energía significa que la energía es negativa. Ahora que uno tenga en la cabeza que la energía siempre es positiva ese es otro problema, porque siempre nos han enseñado que es un absoluto. Pero cuando te vas al átomo en general a la molécula, la energía de los electrones siempre son negativos*”. Una de las estudiantes del equipo de trabajo termina diciendo en 171, “*Entonces me tienen que cambiar el chip para entender esto (la estudiante se pone los dos dedos índices de su mano en los lados de la frente y se ríe).* La profesora cierra la intervención con este grupo de trabajo diciendo a la estudiante que escriba esa conclusión que es muy buena (172).

De acuerdo a Sinarcas y Solbes (2013, 2010) y Solbes (1996), en los textos de física no se tiene en cuenta la diferencia entre la física clásica y la moderna y, en algunos casos ni siquiera se explicitan los límites de la validez de la primera. Además no se muestra la contradicción entre las nuevas ideas y las clásicas y en consecuencia los estudiantes siguen utilizando estas. Esto puede ayudar a entender parte de las dificultades que presentan los estudiantes de este episodio, ya que están fuertemente influenciados por las ideas de la física clásica, y se les dificulta comprender las nuevas concepciones que trae consigo el estudio del modelo cuántico del átomo, sobre todo en lo referente a la interpretación de los valores de la energía en los niveles atómicos.

Con respecto a este episodio en la entrevista 3 la profesora dice:

“Se les vuelve muy contradictorio porque ellos no han trabajado el modelo cuántico, no han trabajado el mundo de las moléculas y ellos están muy parados en lo clásico y es lo normal...como el estudiante se da cuenta de que hay una diferencia y que esa diferencia no simpatiza para nada con la clásica, a él le da dificultad aceptar esa nueva. Por ejemplo ese estudiante pudo haber tenido un buen bachillerato, tuvo a alguien que le incidió bastante para formarse en los conceptos de física y tener algunas representaciones más o menos adecuadas para el mundo clásico, pero no en el mundo cuántico. Él siempre cuestionaba “cómo así que los electrones son funciones de onda” y no partículas, él cuestionaba mucho eso. Pero este estudiante era consciente de eso, de lo que le estaban contradiciendo y eso es lo que hay que rescatar con él...yo creo que se fue y todavía no estaba satisfecho seguramente, pero en ese sentido vale la pena cómo impacta a un estudiante esa situación. También tener en cuenta la disposición del estudiante, el cual terminó estudiando bastante y muy comprometido. (Entrevista 3, p. 11). (Anexo 3)

Retomando el estudio de los procesos didácticos observados en este episodio, a nivel del medio la profesora entra en un doble discurso en el cual enfatiza cómo es la energía en el mundo de los objetos de acuerdo a la física clásica (+), y la energía en la realidad cuántica, en donde su valor puede ser + (interacción de repulsión) y – (interacción de atracción). Para ello nuevamente hace uso de ejemplos diferenciadores de situaciones a estos dos niveles: la energía de la superficie terrestre con la energía de los átomos, el mundo clásico y el mundo atómico, en la física de Newton los objetos que interaccionan son masas y en el átomo interaccionan son cargas eléctricas etc.

Topogenéticamente la profesora asume un rol espontáneo y un tanto divertido en este episodio, esto se evidencia en las respuestas que le da al estudiante cuando este se da cuenta que las ideas que tenía sobre el valor de la energía, se contradicen con lo nuevo que le están

planteando. De acuerdo con Cros (2003a), estaríamos ante una estrategia docente que consiste en ciertos comentarios irónicos con los que se busca establecer complicidad, los cuales generan a la vez buenas actitudes y buenas expectativas en los estudiantes.

El estudiante de este episodio muestra un topos más de novato, ya que le cuesta trabajo el concepto de energía en el átomo, es probable que en el colegio o anteriores experiencias académicas se le dijo que la energía no se pierde sino que se transforma y que se expresa en valor absoluto. Pero también se evidencia en algunos comentarios de sus intervenciones que tiene clara parte de la teoría, pero le cuesta entender el porqué de las cosas (157, 161, 163). Este estudiante se caracteriza por ser bueno académicamente y cuestionarse bastante en las clases, aspecto importante y deseable para favorecer la construcción negociada de significados en esta aula.

Tipos de actividad de aprendizaje y procesos de regulación y devolución en esta clase

Después de analizar un conjunto de episodios de esta clase, se puede obtener una visión global del desarrollo de la tarea, de los medios (discurso, preguntas etc.) que usa la profesora a modo de regulación y andamiaje y las reacciones que estos suscitan en los estudiantes. Así mismo se muestra las estrategias de las que se vale la profesora y la respuesta de los estudiantes a esta dinámica de trabajo, en episodios que provocan una participación cognitivamente activa de los estudiantes por medio de un diálogo transaccional (Ep.4, 8, 9, 10). Lo anterior nos lleva a decir que en estas clases los estudiantes van construyendo su postura experta. Desde sus experiencias como *receptores* y como *productores*, pasan a acciones de *interpretación* que se evidencian en la lectura que hacen de los gráficos sobre las transiciones electrónicas, las preguntas, aportes, reflexiones, y el léxico que usan en su discurso alrededor del tema. Además algunos estudiantes dan muestra de estarse acercando cada vez más a actividades de comunicación/metacognición.

Estos procesos de aprendizaje que se desencadenan en la clase, hacen parte de una gestión docente de la dupla *devolución –regulación*, la cual se convierte en el lente para identificar y potenciar momentos de aprendizaje eficaz en el aula. Es así como por medio del formato transaccional de estas acciones, se negocia sobre el saber y las comprensiones que hacen los estudiantes, las actitudes y comportamientos en la clase, los conflictos cognitivos y los

saberes previos, se llega a acuerdos etc. En este punto también se debe tener en cuenta que promover acciones de devolución en la clase, conlleva a que el estudiante tome el control de las actividades, introduciendo un elemento de incertidumbre sobre la planeación previa, obligando al profesor a regular los procesos de aprendizaje.

En la siguiente tabla se reúnen algunos momentos de los intercambios discursivos entre profesora y estudiantes en donde se describe los conocimientos en juego (contenido epistémico), los juegos de aprendizaje y sus reglas, ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado.

Saberes en juego: Transiciones electrónicas, configuración electrónica, absorción y emisión de energía.			
Juegos de aprendizaje y reglas de juego	Momentos de la dupla DEV REG	Ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje	Resultante del juego en términos del contenido movilizado
Juego 1: Exponer dudas (Los estudiantes formulan preguntas relacionadas con el tema).	<p>2) P: ¿Desean compartir la pregunta o duda que escribieron? (<i>en el quiz anterior</i>)</p> <p>(3) Marcos: Profesora yo (4s), yo quiero saber si las fuerzas de atracción o repulsión dentro del átomo son iguales o son diferentes a las que habían entre ambos, o sea, entre una molécula polinuclear.</p> <p>(10) P: Iguales no son porque esta magnitud depende de las cargas nucleares de cada núcleo</p> <p>(12) Carla: Profesora ¿cómo se genera la energía en un átomo?</p> <p>(15) P: ¿Cómo se genera la energía en un átomo? ¿A qué te refieres?</p>	<p>Toda interacción, sea eléctrica, electromagnética, nuclear o cualquiera que sea, es a la vez energía, entonces el átomo en sí mismo es energía.</p>	<p>Dificultad de los estudiantes para comprender los fenómenos que ocurren al interior de los átomos sobre todo lo relacionado con la energía. Por ello sus preguntas muestran inquietud al respecto y se nota que las respuestas de la profesora no llenan sus vacíos conceptuales, ya que en el momento carecen de la carga teórica para</p>



	<p>(16) Carla: En un átomo, en la función de onda genera energía, pues (.) se refiere a la energía.</p> <p>19) P: Es que en la interacción hay energía, o sea en toda interacción, sea eléctrica, electromagnética, nuclear o cualquiera.... siempre una interacción es a la vez energía, entonces el átomo en sí mismo es energía.</p>		comprender ciertos fenómenos.
<p>Juego 2:</p> <p>-Analizar gráficos</p> <p>Pregunta/respuesta/retroalimentación</p>	<p>(21) P: “Vamos a ponerle atención a estos gráficos (16s)...en parejas van a hacer ustedes una lectura a estos dos gráficos del hidrógeno, vamos a comprender, a interpretar este par de gráficos y luego dialogamos qué han interpretado”.</p> <p>(24) Estudiante 2: Entonces sí, yo creo que sí, desde acá es así. Entonces en el primer nivel hay más energía y va disminuyendo a medida que aumenta el nivel.</p> <p>(25) Estudiante 2: Eso, entonces desde acá [---] por ejemplo lo que ella decía, aunque se dibujaba todas las posibilidades del nivel 5s pero el más estable [tiene] que ser el nivel uno.</p> <p>(26) Estudiante 3: [No es] que tiene menos energía, vea cómo la interacción, es menor en el último nivel de energía ¿cierto? entonces el electrón se puede... asumiendo que el átomo estaría en otras condiciones, se absorbe energía, se puede liberar más fácil ese electrón y entonces ahí es donde se vuelve catión ¿cierto? o anión si lo recibe.</p> <p>(27) P: Exactamente, entonces eso es lo que estoy leyendo.</p> <p>(28) Estudiante: Entonces sí, en el primer nivel de energía tenemos más energía, o sea la interacción núcleo electrón es más fuerte.</p> <p>(53) Estudiante: Pero entonces no siempre va a liberar energía.</p>	<p>Entonces en el primer nivel hay más energía y va disminuyendo a medida que aumenta el nivel.</p> <p>El más estable [tiene] que ser el nivel uno.</p> <p>Se absorbe energía, se puede liberar más fácil ese electrón y entonces ahí es donde se vuelve catión o anión si lo recibe.</p> <p>Exactamente, entonces eso es lo que estoy leyendo.</p> <p>En el primer nivel de energía tenemos más energía, o sea la interacción núcleo electrón es más fuerte.</p>	<p>Se comprende cómo se lee la energía en el átomo:</p> <p>Se tiene dificultad con interpretar el signo negativo, ya que para él estudiantes</p>



<p>Regle de juego: Usar adecuadamente el lenguaje químico.</p>	<p>(54) P: Ah no, es que él puede liberar o capturar, él puede hacer las dos.</p> <p>(61) Estudiante: Profesora a medida que aumentan los niveles, quiere decir que esto está perdiendo energía ¿cierto?, o este negativo que significa? es menor y por ende es más fácil...</p> <p>(63) Estudiante: Pero entonces quiere decir que entre más cerca del núcleo esté, más energía tiene, y ya cada nivel más externo va perdiendo energía.</p> <p>(64) P: Pierde no, él no está perdiendo, [tiene] menor energía. No es que esté perdiendo, porque si lo pones a perder es como si no... Menor como magnitud absoluta, como números negativos es mayor. Según el estado de energía él tiene una energía tal, pero si el estado está muy lejos del núcleo la energía es menor.</p> <p>(65) Estudiante: Es menor y por ende es más fácil...</p> <p>(66) P: No, no es más fácil, él libera si hay la energía, si él puede capturar esa energía lo hace pero si no puede, no puede....</p> <p>(100) Mateo: A medida que aumente el nivel de energía, la atracción entre el núcleo y los electrones disminuye ¿acá según esto, infinito sería el vacío?</p> <p>(101) P: Infinito es... el vacío no, infinito es que no hay interacción núcleo electrón.</p> <p>(102) Mateo: Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar. Porque para eso necesitaríamos que no hubiera ninguna partícula interaccionando con el electrón.</p> <p>(105) P: Claro.</p> <p>(106) Mateo: Pero en todas partes hay partículas.</p> <p>(134) Mateo: Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?</p>	<p>No es perder energía, es menos como magnitud absoluta, como números negativos es mayor</p> <p>Es que no es de más fácil o más difícil, no, es si el contexto le permite la energía</p> <p>Pero a esa energía no se llega a ese nivel [infinito] no se llega.</p> <p>En todas partes hay partículas.</p>	<p>representa pérdida de energía. Es probable que tenga arraigado el valor negativo usado en matemáticas como algo que se resta, por tanto se pierde.</p> <p>Se relaciona el concepto nivel de energía infinito con el vacío, es decir el estudiante tiene una apreciación cosmológica del mismo.</p> <p>El estudiante muestra que está pensando la materia desde el punto de vista atómico en todo lo que lo rodea. Estos enunciados tienen una carga teórica y epistemológica interesante.</p>
--	--	--	--

	<p>(135) P: Va a depender del radio atómico del átomo, si su radio atómico es doce picómetros, cuando supere doce picómetros está en el infinito el electrón...</p> <p>(147) Estudiante: Profesora cómo así que una energía negativa, tengo una cantidad de energía, yo no entiendo una energía negativa, debería de ser positiva.</p> <p>(150) P: Las energías positivas son de la superficie terrestre hacia el interior, pero en el átomo son positivas y negativas.</p> <p>(151) Estudiante: Profesora yo cómo voy a tener una energía negativa, “eso es ilógico”.</p> <p>(152) P: Ilógico en el mundo clásico.</p>	<p>¿Qué tan infinito es ese infinito?</p> <p>Va a depender del radio atómico del átomo, si su radio atómico es doce picómetros, cuando supere doce picómetros está en el infinito el electrón...</p> <p>Yo cómo voy a tener una energía negativa, eso es ilógico.</p> <p>Las energías positivas son de la superficie terrestre hacia el interior, pero en el átomo son positivas y negativas.</p>	<p>Postura de contradicción frente al saber</p>
--	---	---	---

Tabla 18. Conocimientos en juego, juegos de aprendizaje, enunciados contruidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesión 3.

La tabla anterior muestra que las acciones de regulación que realiza la profesora en esta aula por lo general parten de un juego del saber donde los estudiantes exponen sus dudas e ideas. Esto implica que el contenido transaccional varía según el estudiante o los grupos de trabajo, pero con una constante: Pedir a los estudiantes un buen uso del léxico químico y tratar de llegar a consensos en la construcción del contenido. En toda la clase la profesora apoya a los estudiantes para que se acerquen al saber a través de la interpretación de los gráficos de las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno. En los enunciados contruidos en la clase, se evidencia que la profesora está dando claves a los estudiantes, ya que identifica las limitaciones y la recurrencia de ciertos errores en la lectura de los gráficos ((54) P: “*Depende de cómo mires, depende de cómo lees*”, (66) P: “*Todo depende de la energía del contexto*”). Otras ideas surgen del cuestionamiento de los estudiantes (“*Que tan infinito es ese infinito*”). En este punto de la unidad temática, los estudiantes elaboran más preguntas por la complejidad que representa el tema para ellos. De acuerdo a la resultante del juego en términos del contenido movilizado, en general se puede decir que los alumnos tienen

dificultades para comprender los fenómenos que ocurren al interior de los átomos sobre todo lo relacionado con el valor negativo de la energía. Pero también se observan buenas interpretaciones de los estudiantes de los gráficos que apuntan a ideas como: (24) E: “Entonces en el primer nivel hay más energía y va disminuyendo a medida que aumenta el nivel”, (26) E: “Se absorbe energía, se puede liberar más fácil ese electrón y entonces ahí es donde se vuelve catión o anión si lo recibe” (28) E: “En el primer nivel de energía tenemos más energía, o sea la interacción núcleo electrón es más fuerte”.

A continuación se especifica con mayor detalle estas situaciones en términos de movimientos a nivel del medio, las posturas de los participantes y los tiempos de co-construcción de contenidos en esta sesión de clase.

¿Qué avances a nivel mesogenético, topogenético y cronogenético se dieron en esta clase?

A nivel del medio la idea central del discurso de la profesora en esta clase es: “*El problema es de energías y de interacciones “Si no hay interacción no hay átomo, porque mi problema es de interacción, y las interacciones son energía finalmente”*”. Es así como la tarea consiste en pensar al electrón en el átomo, y relacionarlo con la energía que posee dependiendo del nivel. La profesora es enfática en que el problema es de significados, significados del átomo. A su vez continúa recurriendo a comparaciones, generalmente para mostrar la diferencia del mundo de los objetos materiales (un morral, una persona, la silla) (Ep.5:69), con la materia a escala cuántica (electrones en el átomo).

El tema de las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno, permitió a los estudiantes ligar saberes previos con el tema de estudio (el modelo mecánico-cuántico del átomo). Este aspecto es importante de resaltar ya que cuando los temas de clase que parecen muy teóricos (y en este caso abstractos), se relacionan con situaciones reales, se despierta en los estudiantes un sentido de curiosidad, tornándose más interesante la clase. En este caso, los estudiantes comprobaron que con el modelo teórico de las transiciones electrónicas, se puede explicar la inestabilidad de algunos átomos y un fenómeno natural que ocurre en el sol y las estrellas. Otros elementos relacionados en los diálogos entre profesora y estudiantes fueron: el infinito, el estado plasma, el acelerador de partículas, la fusión nuclear, el tratamiento matemático cuántico etc.

Con respecto a la evolución del medio en esta clase, se puede decir que de acuerdo al proyecto didáctico, lo que hace la profesora es verificar que los estudiantes usen adecuadamente la terminología química de las transiciones electrónicas (absorber, emitir, aumentar y disminuir la energía, cambiar el estado etc.) y que comprendan las implicaciones de estos cambios en los estados de energía del electrón y en el átomo en general. A este respecto se puede decir que a la mayoría de los estudiantes se les dificultó la comprensión de los cambios energéticos del electrón, sobre todo lo referido al valor negativo en los niveles de energía (Ep. 5: 55, 61; Ep. 6: 74, 80; Ep. 7: 86; Ep. 10: 147, 155). Pero también se ve en algunos episodios, que los estudiantes hacen buenas interpretaciones de los valores de la energía en los gráficos (Ep.3, 4, 8 y 9), y la profesora se centra en estabilizar el lenguaje químico usado por los estudiantes al hablar de las transiciones energéticas en el átomo. También se observa que la profesora incurre frecuentemente en efectos Topacio y Jourdain por el afán de adelantar el tiempo didáctico, o de forma inconsciente termina adelantándose o completando las respuestas de los estudiantes.

De acuerdo a Brousseau (1996), en el aula se trataría de organizar un medio que se resista a la interpretación inmediata del alumno y que lo lleve a actuar, formular lenguajes y conceptos, cuestionar la validez de lo que se produce, etc. Los conocimientos se manifiestan esencialmente como instrumentos de control, de regulación de esas situaciones. Si bien el profesor organiza un medio para la clase, las interacciones que cada uno de los estudiantes establece con ese medio son diferentes. A este respecto se puede decir que el contenido transaccional a pesar de centrarse en el mismo objeto de saber, varía según los grupos o los estudiantes, pero con una constante: la necesidad de consenso y co-construcción de significados haciendo uso del lenguaje científico propio de la disciplina de estudio en esta aula.

Pasando a describir la evolución topogenética en esta clase, se puede decir que estudiantes y profesora asumen su rol en la clase. Las preguntas y el tipo particular de diálogo que se genera en esta aula, conllevan a rasgos interesantes de analizar para comprender y estudiar la construcción de conocimientos por medio del proceso transaccional en la clase. Se puede constatar que en esta aula, la profesora trabaja constantemente en verificar los vacíos conceptuales de los estudiantes y las comprensiones que hacen de la información

suministrada, por medio de las ideas que estos expresan y las preguntas que elaboran, convirtiéndose esta actividad en pieza clave para lograr intersubjetividad. A la vez, las preguntas constituyen acciones de los estudiantes no previstos por la profesora, pero que sin embargo, forman parte de la tarea. Es aquí donde los actores de la clase exponen sus puntos de vista y se da un intercambio de ideas, en las cuales se comparten y se negocian significados. A este respecto Kennedy (2005), distingue las "conductas fuera de tarea" de los "comentarios fuera de libreto". En estos, "los estudiantes participan activamente en la clase pero dicen cosas que el docente no ha anticipado, formulan preguntas que no son las esperadas, o comprenden las ideas en un sentido diferente del que el docente ha previsto" (p. 96).

Este tipo de situaciones se dan todo el tiempo en esta aula y a la vez son las que enriquecen el trabajo del grupo; además la profesora trata de estimular estos contextos, y más bien parece que se complaciera cuando son los estudiantes quienes preguntan. Lo anterior se evidencia desde el inicio de la sesión de clase cuando dice en el episodio 1 turno 2, *¿Desean compartir la pregunta o duda que escribieron?* Es importante resaltar aquí, que algunas de las preguntas y enunciados que exponen los estudiantes resultan bastante interesantes, sobre todo porque ponen de manifiesto las comprensiones que están haciendo para formular o expresar sus ideas. A continuación se muestran algunos ejemplos de estas situaciones en la clase: *Profesora pues yo la verdad es que entre más pequeño el nivel de energía como más electronegativo* (Ep. 5: 55) *“¿Acá según esto, infinito sería el vacío?”* *“Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar”,* *“Pero en todas partes hay partículas”* (Ep. 8: 100, 101 y 106 respectivamente). *“Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?”* *“Profesora, por qué se dice que la mecánica cuántica nadie la entiende”* (Ep. 9: 134 y 140 respectivamente). *“Profesora yo cómo voy a tener una energía negativa, eso es ilógico”* (Ep. 10: 151).

De acuerdo a Fairstein (2014), el estudio de los intercambios marcados por preguntas espontáneas de los alumnos podría contribuir a elaborar conocimiento didáctico acerca de este tipo particular de quehacer docente. Analizar el modo en que los profesores construyen sus respuestas, permitirá diferenciar intervenciones docentes. Dos respuestas de un profesor pueden parecer similares para un observador externo, incluso producir el mismo efecto, pero

adquieren sentido didáctico al conocer las decisiones que llevaron a ellas. En relación con el estudio didáctico de la interacción cognitiva, la posibilidad de caracterizar estas acciones (en lugar de considerarlas azarosas) resultaría, sin lugar a dudas, un paso importante.

Además se nota en la profesora cierta experticia tanto en los contenidos que enseña como en el manejo del aula, que le permite planificar sus clases de acuerdo a esta experiencia. A este respecto se puede decir que cuando el profesor se preocupa por leer los gestos y posturas de sus estudiantes, es posible que mejore la dinámica y movilidad del conocimiento en la clase. En esta aula la reflexión que hace la profesora a partir de las producciones de los estudiantes y el conocimiento movilizado, le permite determinar si los dispositivos²⁰ han sido articulados con pertinencia en el desarrollo de una sesión de clase, y además reconocer la apropiación del conocimiento por parte de sus estudiantes.

A nivel cronogenético se puede decir que en el diálogo transaccional, no necesariamente se tiene que llegar a un acuerdo o un aprendizaje evidente; los acuerdos pueden ser a largo plazo. Aquí se podría hablar de un fenómeno de cronogénesis, ya que así los estudiantes no den señales de movilización del contenido epistémico, la profesora asumirá que se requiere de un tiempo (un semestre, un año o más), para adquirir la carga teórica necesaria para hacer otras comprensiones del fenómeno. Se debe tener en cuenta además, que aprender supone un continuo proceso de reorganización y reestructuración de los conceptos y no toda situación de enseñanza promueve la interacción de los conocimientos previos de los estudiantes con los nuevos contenidos. Esta situación se hace evidente en el episodio 10 turno 156, cuando la profesora le responde al estudiante “*Ya te aproximarás a entender eso*”. En este sentido Correa et al. (1994), se refieren a un ajuste de la intervención del profesor a los conocimientos de los alumnos como un proceso permanente y no puntual, pues a lo largo de todo el proceso de aprendizaje el alumno tiene una cierta visión de los contenidos que se trabajan en el aula.

²⁰ El término “dispositivo”, que es utilizado varias veces en este texto, señala una “construcción razonada de la actividad didáctica” que cubre cuatro dimensiones tomamos de Astolfi (2002):
-*Proyektiva*, pues la acción didáctica se fija objetivos y está orientada hacia una finalidad de transformación del sujeto;
-*Estratégica*, pues combina, jerarquiza y coordina parámetros de diversa naturaleza;
-*Dialógica*, en la medida en que se considera el educando como un sujeto activo a quien se debe reconocer un lugar en la actividad y con el cual hay que negociar finalidades y sentidos;
-*Táctica*, que implica cierto grado de flexibilidad en la planificación con el fin de adaptarse e improvisar, sin perder el norte, a los procesos impredecibles del aprendizaje concreto.

Sesión 4

Tema: Sistema Laser He/Ne

Fecha de la clase: 16/09/2014

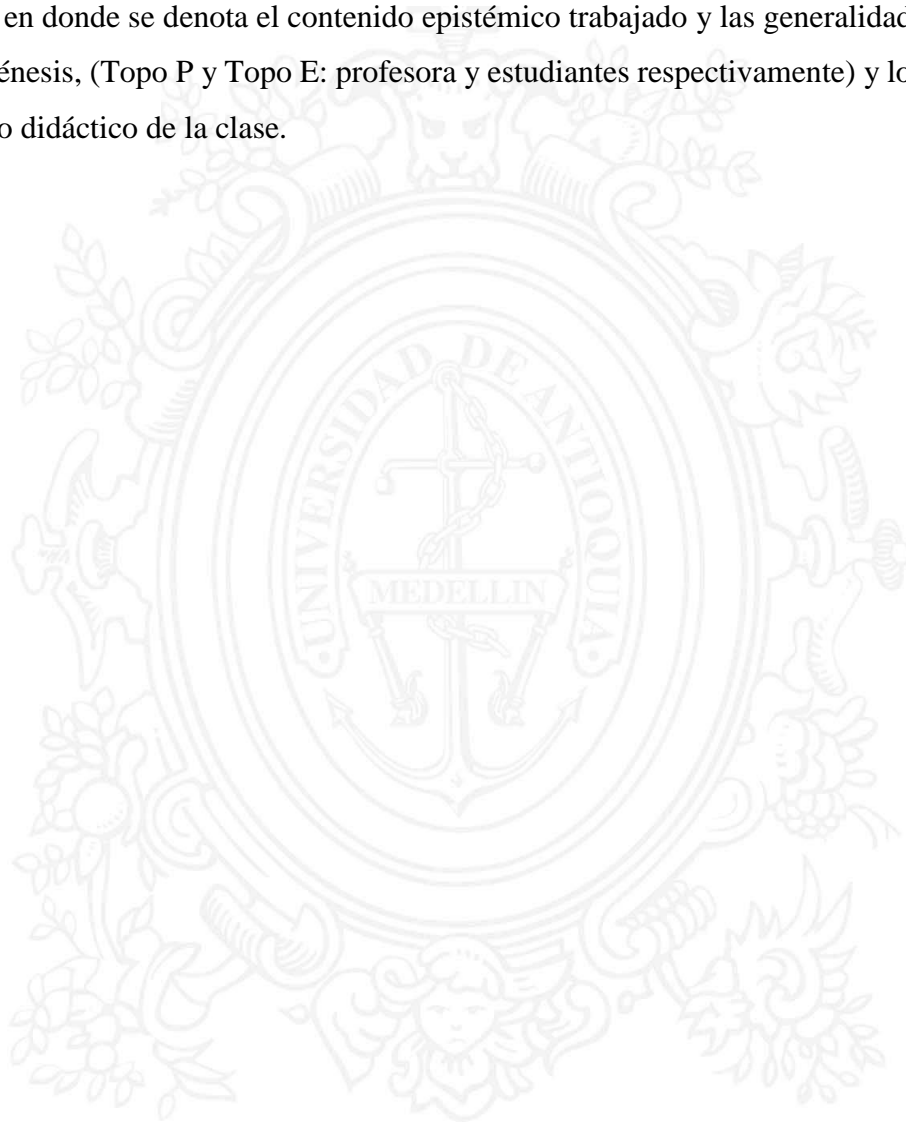
Duración de la clase: 01:55:00

La profesora inicia la clase recogiendo una tarea relacionada con la distribución electrónica y el orden creciente de energía en los orbitales atómicos, de una lista de átomos. Luego varios estudiantes hacen preguntas y la profesora se dispone a responderlas, algunas de estas inquietudes son dudas puntuales de la tarea y otras están centradas en temáticas generales del curso. Por la relevancia de las preguntas, en esta parte de la clase nos enfocamos en las transacciones de la profesora con dos estudiantes.

La pregunta inicial de los estudiantes está centrada en los orbitales y la construcción del espacio en el átomo; a través de esta duda surgen otros interrogantes relacionados con la evolución del modelo atómico y una pregunta planteada en los textos de química: ¿por qué los electrones no chocan con el núcleo? Finalmente el estudiante cuestiona si el libro de química al estar formado por átomos y moléculas, se podría plantear como un objeto en movimiento. A través de esta pregunta se genera un diálogo transaccional en donde estudiantes y profesora exponen sus puntos de vista en el cual se involucran diferentes saberes: teoría de la relatividad, física clásica, teoría de cuerdas, mecánica cuántica etc.

Al final del episodio la profesora hace una institucionalización importante diciendo: *Tú lees el mundo con un modelo, con cual modelo te paras, tú lo decides. Ah, pero tienes que leer coherente con el modelo, no le puedo poner a este modelo lo de otro modelo, no puedo*". Este tipo de dinámicas constituyen indicios sobre la interpretación que los estudiantes hacen de los contenidos de la clase y la relación de los mismos, en particular con la física clásica y otros modelos teóricos. Además se puede decir que estas intervenciones evidencian gran riqueza, ya que los estudiantes se están socializando con el lenguaje formal y modos de discurso que son específicos del escenario de actividad en el que se encuentran inmersos, a través del aprendizaje de saberes científicos.

En la siguiente gráfica se resume lo acontecido en las dos últimas sesiones de clase analizadas, en donde se denota el contenido epistémico trabajado y las generalidades a nivel de la topogénesis, (Topo P y Topo E: profesora y estudiantes respectivamente) y los avances en el tiempo didáctico de la clase.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Sesiones 4 y 5: Sistema Láser He/Ne

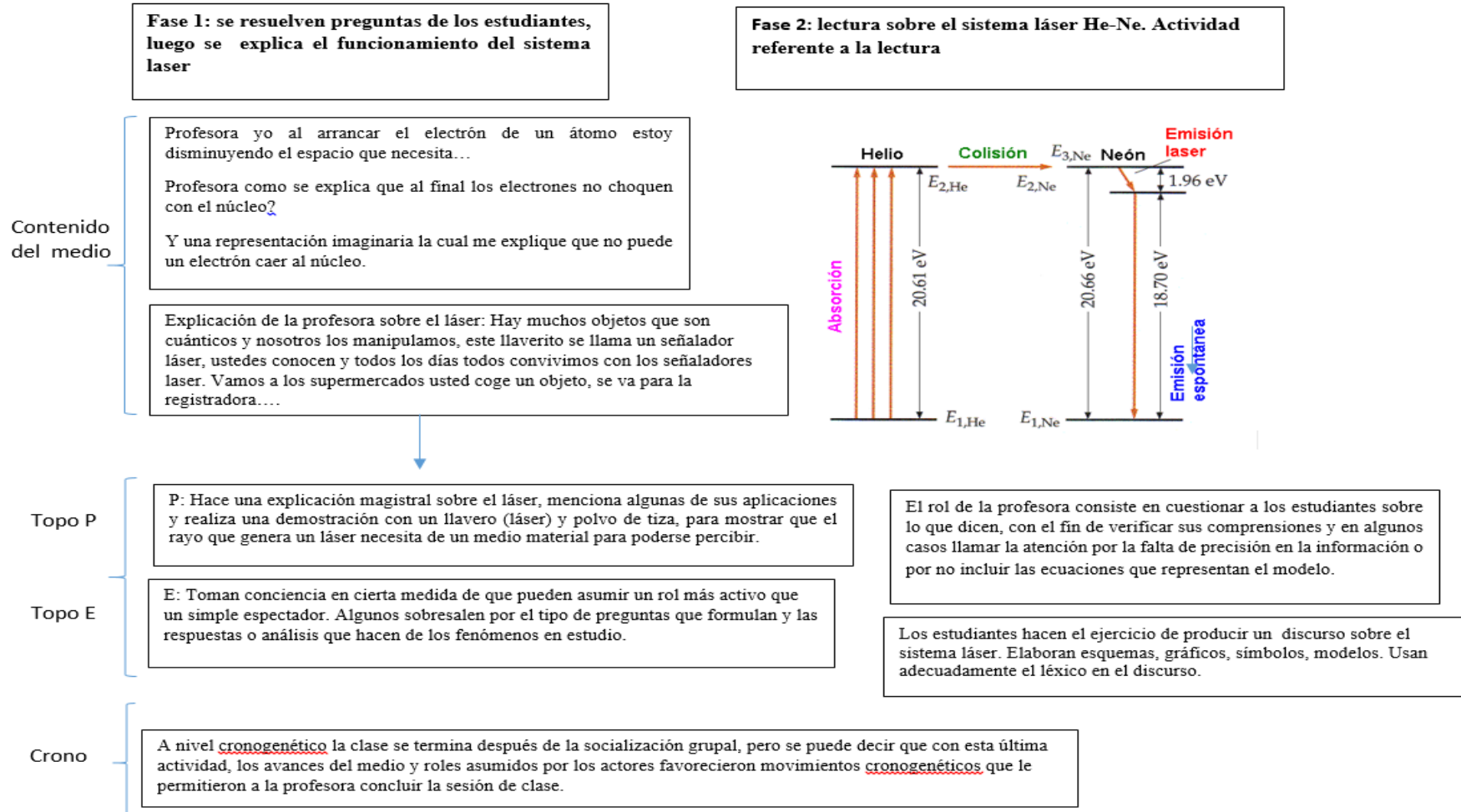


Figura 13. Esquema general del desarrollo de la cuarta y quinta sesión de clase.

Actividades de la clase

Fase	Duración	Descripción y función	Relación de episodios
Los estudiantes hacen entrega de una tarea. Luego se resuelven dudas.	20 min	Los estudiantes hacen preguntas relacionadas con la tarea y con el curso en general y la profesora las responde.	Episodios 1,2,3
Explicación de la profesora sobre objetos cuánticos que hacen parte del cotidiano (ej. laser He/Ne)	45 min	Explicación magistral con ejemplos y demostraciones (llavero de láser y polvo de tiza).	
Lectura y preguntas sobre el sistema láser He/Ne	50 min	Los estudiantes hacen una lectura sobre el sistema láser He-Ne y deben responder unas preguntas.	
En la siguiente sesión de clase, se hace la socialización de la actividad del láser He/Ne	1:45 min	Los estudiantes se organizan en grupos de trabajo y la profesora pasa revisando y preguntando a los estudiantes la comprensión de la tarea de la clase anterior.	Episodios 4,5,6,7,8,9

Tabla 19. Principales actividades de la clase (sesión 4)

¿Qué pasa en el aula con esta actividad?: Breve descripción de la situación

Esta primera fase de la clase contiene algunas de las interacciones didácticas que se generaron entre la profesora y dos estudiantes. Después la profesora hace una explicación magistral sobre el láser, menciona algunas de sus aplicaciones y realiza una demostración con un llavero (láser) y polvo de tiza, para mostrar que el rayo que genera un láser necesita de un medio material para poderse percibir.

Sinopsis de la primera fase de la clase

A esta fase le corresponden los episodios del 1, 2 y 3.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FENÓMENOS DIDÁCTICOS
FASE 1 (00:03 a 00:21)	La profesora recoge una tarea que los estudiantes debían realizar de la clase anterior, luego resuelve dudas a los estudiantes.	MESO: Definición del medio. Las preguntas de los estudiantes hacen parte del medio en esta parte de la



<p>DUDAS DE LOS ESTUDIANTES</p> <p>Episodio 1</p>	<p><i>(Inicialmente, me centro en la interacción dialógica de la profesora con dos estudiantes).</i></p> <p>El orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio.</p> <p>(1) Pablo: [DEV<] Profesora yo al arrancar el electrón de un átomo estoy disminuyendo el espacio que necesita...</p> <p>(2) P: [REG<] Tú no disminuyes espacio, estas liberando electrones. El <u>orbital</u> no es espacio ocupado, es <u>construcción del espacio</u>. Ocupado es que el átomo tiene un espacio y llega un electrón y se acomoda. El átomo construye el espacio si hay electrones para construir el espacio... En este salón, si aquí hay un hueco, en este salón hay un espacio, hay una caja que espera que nosotros entremos para acomodarnos, pero el átomo no es así...</p> <p>(3) Mateo: [DEV<] Profesora entonces en la mayoría de los <u>libros está ese error</u>, de que toman al orbital como un espacio en el cual se va colocando el electrón. Yo leí Petrucci, Chang, este otro libro que tengo aquí.</p> <p>(4) P: [REG<] Pueden haber errores de traducción porque esos libros fueron publicados en inglés, puede que el traductor al español, lo interpreta como una caja para poner electrones, puede que el autor del texto no esté diciendo eso. El autor original que es el que está en inglés, puede que el traductor al español diga de otro modo, lo interprete de ese modo.</p>	<p>clase, y la profesora se dispone a responderlas.</p> <p>TOPO: En esta primera interacción, la profesora revela a sus estudiantes información importante para la comprensión del átomo. Esto invita a los estudiantes necesariamente a hacerse unas representaciones mentales sobre lo que es el orbital.</p> <p>Uso de analogía: La profesora usa el ejemplo del salón para explicar que es diferente la distribución, en este caso de las personas en un espacio (salón), a la de los electrones en el orbital.</p> <p>TOPO Y MESO: Los estudiantes asumen su rol y usan diferentes fuentes para su aprendizaje fuera del aula de clase. Además empiezan a cuestionar la información que suministra estas fuentes.</p> <p>TOPO: La profesora explica a sus estudiantes como la información se puede mal interpretar en el proceso de traducción y transposición didáctica.</p>
<p>Episodio 2</p>	<p>Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.</p> <p>(5) Mateo: Profesora cómo se explica que en la atracción que el núcleo tiene hacia los electrones cuando los electrones están creando orbitales, cómo se explica de que al final los electrones no choquen con el núcleo.</p> <p>(6) P: Por los <u>números cuánticos</u>, tu <u>todo</u> lo <u>explicas</u> en términos de la <u>función de onda</u>, pero la función de onda implica varias <u>variables</u>, un <u>estado de energía</u>, un <u>momento angular</u>, un <u>momento magnético</u>, la interacción de esas tres</p>	<p>El estudiante se plantea una pregunta que aparece en los textos de química, en la parte de la evolución del modelo atómico, y que implicó pasar del modelo de Rutherford al de Bohr, ¿Por qué los electrones no se caen al núcleo? Se nota que el estudiante quiere conocer más al respecto y espera que la profesora le brinde la información. Contrato didáctico</p> <p>MESO: La profesora en su respuesta usa recursos conceptuales trabajados hasta el momento: números cuánticos,</p>

	<p>variables es lo que hace que el electrón no caiga en el núcleo, porque, porque es un modelo cuántico, si yo estoy en el modelo clásico de energía, el electrón debe caer en el núcleo pero en el modelo cuántico el electrón no cae al núcleo, porque en el modelo cuántico tengo unas restricciones de la función de onda, y esas restricciones se expresan en números cuánticos....En el modelo clásico puede haber estado cero, pero en el cuántico no.</p> <p>(13) Mateo: Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.</p> <p>(14) P: Tengo que tener números cuánticos. Eso tiene que ser con la mecánica cuántica, es decir me tengo que comprometer con tratar la función de onda. Cuando determinas las expresiones de la energía según la función de onda, eso no te permite que nunca la energía sea cero para caer en el núcleo...</p>	<p>función de onda, estados de energía, momento angular, momento magnético (estos dos últimos trabajados en el estudio de los números cuánticos). La profesora termina haciendo una diferenciación del modelo clásico y el cuántico, algo común esta aula. Pero el estudiante no queda satisfecho o no entiende la respuesta, porque sigue preguntando al respecto.</p> <p>TOPO: El estudiante plantea inquietudes que implican otras cuestiones. Queda la duda de a qué se refiere el estudiante cuando habla de representación imaginaria. Es posible que quiera saber, si se puede demostrar el hecho de que el electrón no caiga al núcleo de forma cualitativa, sin hacer el tratamiento matemático.</p>
<p>Episodio 3</p>	<p>Este objeto que parece quieto (el estudiante señala el libro de química), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento.</p> <p>(17) Mateo: Profe, una pregunta que ayer nos planteábamos él (Pablo, compañero de estudio) y yo es, se supone que los electrones siempre están en movimiento, por lo tanto los átomos también, entonces este objeto que parece quieto (<i>el estudiante señala el libro de química</i>), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento.</p> <p>(18) P: Él está en reposo con respecto a una superficie terrestre.</p> <p>(21) Pablo: Y si el observador está en movimiento?</p> <p>(22) P: [REG<] Depende donde se para, en cuál modelo. Tú te puedes parar en el modelo newtoniano y ahí el observador no está en movimiento, te puedes parar en teoría de la relatividad; en teoría de la relatividad, el observador puede estar en movimiento, ahí hago otro modelo distinto y otro tratamiento</p>	<p>TOPO: Los estudiantes se plantean preguntas más allá del tema. Interesante cuestionamiento, ya que implica que los estudiantes están pensando en la constitución íntima de la materia, más allá de lo visible.</p> <p>DEV-REG: Se da un diálogo entre estudiantes y profesora, en donde se involucran diferentes ciencias y saberes: Teoría de la relatividad, física clásica, mecánica cuántica, teoría de cuerdas, etc. Aquí se evidencia un diálogo transaccional en donde estudiantes y profesora exponen sus puntos de vista.</p> <p>MESO: “Todo depende en qué modelo te paras a leer el mundo”. Aspecto importante en esta interacción. La profesora da esta idea clave al estudiante en su respuesta.</p> <p>En estos diálogos se da un factor de incertidumbre para la profesora ya que</p>

	<p>diferente. Todo depende en cual modelo te paras a leer el mundo.</p> <p>(25) Pablo: Pero entonces está en movimiento o no está en movimiento.</p> <p>(26) P: [REG<] Depende del modelo, desde la física newtoniana no está en movimiento, si te paras en teoría de la relatividad y consideras al observador en movimiento, lo pones en movimiento al libro, y si estoy en la mecánica cuántica esto no es de ningún interés en la mecánica cuántica. Ese libro no le interesa para nada a la mecánica cuántica.</p>	<p>los estudiantes pueden salir con cualquier tipo de duda.</p> <p>TOPO: el estudiante quiere escuchar puntualmente la respuesta de si el libro está o no en movimiento, así la explicación de la profesora le haya dado luces para la respuesta.</p> <p>Respuesta contundente y clara de la profesora: No todos los modelos se pueden aplicar a un sistema.</p>
<p>EXPLICACIÓN TEORICA DEL SISTEMA LASER</p> <p>(00:21 a 01:05)</p>	<p><i>(Luego la profesora habla a todo el grupo y les resume lo conversado con Mateo y Pablo, usando una serie de ejemplos y explicaciones de los diferentes modelos teóricos para leer el mundo, luego introduce el tema de los objetos cuánticos usados cotidianamente- láser).</i></p> <p>Sistema láser He/Ne</p> <p>(33) P: Hay muchos objetos que son cuánticos y nosotros los manipulamos, este llaverito se llama un señalador láser, ustedes conocen y todos los días todos convivimos con los señaladores laser. Vamos a los supermercados usted coge un objeto, se va para la registradora y la muchacha simplemente pone ahí y sale una lucecita roja, un ruidito, que esto vale 20 mil pesos....., pasa un kilo de papas, sale una línea roja y las papas valen 3000 mil pesos....Para comprender esos fenómenos debemos saber que son fenómenos cuánticos... <i>(La profesora continúa con su discurso y hace una demostración con un láser y polvo de tiza).</i></p>	<p>INST: La profesora comparte con el grupo las ideas centrales en las que se basó la conversación anterior. Aquí queda claro que las transacciones didácticas con estos dos estudiantes aportan elementos diferenciadores (a los del resto del grupo), al saber construido en clase.</p> <p>Cambio de medio: la profesora pasa a hacer una explicación magistral del sistema láser He/Ne y para ello se vale de ejemplos de láseres usados cotidianamente (llavero láser, lectores de códigos de barras, reproductores de discos compactos, instrumentos de laboratorio y medicina entre otros).</p> <p>Además se introduce al medio una demostración con un láser y polvo de tiza para comprobar que el rayo del láser, necesita un medio para poder verse.</p>

Tabla 20. Sinopsis de la primera fase de la clase

En el Anexo 10. **Transcripción de los episodios relevantes de la sesión 4**

se encuentra la transcripción completa con los respectivos análisis de los episodios que hacen parte de esta sesión. A continuación se hace un análisis general sobre lo acontecido en esta clase a nivel del medio, los roles asumidos por los actores, y el tiempo didáctico. En la sesión 5 se hace el análisis de las últimas dos sesiones de clase.

¿Qué avances a nivel mesogenético, topogenético y cronogenético se dieron en esta clase?

A nivel del medio esta clase tiene gran riqueza ya que entraron en debate varias disciplinas y teorías, cada una con su aporte científico (leyes, visión del mundo etc.), que contribuyeron al entramado conceptual de esta sesión: modelo newtoniano, teoría de la relatividad, mecánica clásica, mecánica cuántica, teoría de cuerdas. Además se puede decir que a pesar de que la profesora planificó y anticipó elementos para esta clase, la dinámica generada a través de las preguntas de los estudiantes, los gestos, las producciones verbales y las transformaciones del medio didáctico, constituyen indicios sobre la interpretación que los estudiantes hacen de los contenidos de la clase, y la relación de los mismos en particular con la física clásica y otros modelos teóricos. A su vez, la profesora debe interpretar estos indicios para proseguir, para regular o para reorientar la actividad en función de sus objetivos.

En esta clase también se observa un enriquecimiento topogenético del estudiante, ya que toma conciencia en cierta medida de que él puede asumir un rol más activo que un simple espectador. En esos momentos el estudiante dentro del contrato o del juego didáctico, asume su protagonismo y le quita el poder a la profesora sobre los contenidos y las actividades planeadas para la clase. Lo anterior se puede traducir en que un medio que se construye empoderando al estudiante en la perspectiva de que este asuma su propia fisionomía topogenética, ya no es la profesora la que hace la pregunta si no que es el estudiante quién asume el liderazgo y cuestiona. Esto puede hacer que la planeación prevista por el profesor entre en crisis; es aquí en donde aparece la importancia del maestro experimentado. Cualquier profesor aprende a manejar esa situación, pero un maestro experimentado en la docencia y en el conocimiento de la disciplina, puede canalizar este medio del que se vale el estudiante y en lugar de verlo como una amenaza, convertirlo en una oportunidad que se traduce en un avance mesogenético, ya que se inunda el aula de nuevas relaciones, símbolos, dinámicas y también puede ser desencadenante de procesos de aprendizaje que se dan casi que a escala inmediata.

Sobre este mismo aspecto cabe aclarar que cuando los estudiantes se organizan en grupos, a pesar de que la profesora interactúa con todos los equipos de trabajo, algunos estudiantes sobresalen por el tipo de preguntas que formulan y las respuestas o análisis que hacen de los

fenómenos en estudio, es el caso de Pablo y Mateo. La profesora en algunas ocasiones hace públicas las conversaciones con estos dos estudiantes, en otras oportunidades los grupos de trabajo que están alrededor de ellos prestan atención, y en algunos momentos participan de los diálogos generados. En todo caso las transacciones didácticas generadas entre la profesora y este par de estudiantes aportan evidencias de movilización de saberes en esta aula.

Pasando al rol topogenético de la docente, se puede decir que la profesora tiene su estilo para lograr que el estudiante hable, pregunte, exprese sus ideas, en algunos casos reta, de pronto pareciera que los regañara. Pero los estudiantes a lo largo del semestre se adaptan a la dinámica de la clase y lo ven como una regla de juego que hace parte del contrato, entendiendo que la intención de la profesora es hacer que ellos expresen sus ideas. En este punto se puede decir que el reconocimiento mutuo de los interlocutores y la participación en un juego conjunto, permite la manifestación de transacciones didácticas cuyo fin es lograr que los estudiantes se acerquen a los objetos del saber.

Otro aspecto importante que cabe reflexionar aquí es que al estudiar las categorías de la acción docente, la devolución - regulación tendrían una caracterización distinta dependiendo de la fase de interacción en la cual se encuentre el profesor con sus estudiantes, afectando también la definición y la institucionalización. Es decir un profesor no podría esperar en las primeras clases, devoluciones y regulaciones efectivas en torno a los contenidos trabajados (a no ser que se trate de un repaso o tenga estudiantes repitentes o muy sobresalientes académicamente). La regulación tiene lugar de otra manera, la definición también, porque el primer o primeros días de clase, hablaríamos de una presentación de los contenidos de manera expositiva, por así decirlo. A este respecto la profesora en la entrevista 3, p.13 responde:

A: Este trabajo que usted realiza profesora me parece muy interesante, ya que el estudiante puede tener muy buenos argumentos, tener muchas dudas, pero si no se dan estos espacios en la clase, se pierde toda esa riqueza.

P: Si y ellos al principio no hablaban, ellos son muy callados al principio pero van despegando, la mayoría va despegando, unos más que otros. Yo veo que y eso más o menos pasa hace rato, muchos que no hablan al principio, ya al final están hablando y participando y preguntan. Por ejemplo el semestre pasado y el antepasado, ellos al final preguntaban bastante, y al principio esos pelados eran mudos...Incluso el semestre pasado hubo una niña de Pasto muy indígena, ella terminó preguntando y nunca preguntaba ni decía nada. Entonces mira que yo digo, si al final hablan, cualquier pregunta que hagan por sencilla que sea yo digo aquí hubo algo interesante porque están hablando.

De acuerdo a Candela (1999, 2013), las construcciones retóricas del contenido científico no ocurren siempre en el aula. Pero con los datos que se dispone se puede decir que tienen lugar especialmente cuando el discurso de aula aparece un conflicto entre diferentes versiones y cuando los participantes están involucrados en una tarea compartida y tratan de buscar explicaciones que convengan a todos. De ahí la importancia central del contexto transaccional para analizar las posibilidades de la construcción de conocimiento de ciencias, y la necesidad de trabajos que profundicen en estos procesos sociales para comprender su complejidad.

En este mismo hilo, el profesor a lo largo del semestre debe generar ambientes de colegaje, pero también de respeto y autoridad, que permitan al estudiante romper el hielo, tener confianza y motivarse hasta llegar a un momento de acción conjunta dialógica. Al estudiante hay que prepararlo, es decir acondicionarlo a una dinámica de trabajo interactivo, en donde el rol del profesor es imprescindible. En esta clase la profesora esta presta a escuchar, regular y andamiar las dudas o ideas de los estudiantes constantemente, se puede decir que en la mayoría de las clases se dan espacios para favorecer esta dinámica de trabajo.

Con estos aspectos planteados, la idea no es que los profesores hagan devolución regulación todo el tiempo, pero el tema de la devolución regulación podría ser una especie de aporte metodológico en la docencia universitaria²¹. Como lo afirman Marcelo (2001) y Rosales (2001), la explicación o el monólogo por parte de los profesores es uno de los discursos más utilizados en las aulas universitarias, sin embargo, en esta unidad de observación no ha ocurrido de esta manera, ya que la profesora de este estudio tiene actitud para encaminar su acción docente como acción dialógica.

En esta clase también podemos decir que la profesora se muestra como oradora estratégica, que incorpora a su discurso las voces de autoridad y las voces de los estudiantes, mediante actuaciones que compensan la credibilidad que da lugar a su imagen con la valoración de los estudiantes. Se trata de combinar los recursos que la muestran como segura de sí misma y de los contenidos que trata ante los alumnos, con otros que tienen la finalidad de atenuar la imposición que puede desprenderse del uso de la autoridad (Cros, 2003b). Por tanto,

²¹ A nivel universitario se dan pocos espacios para estas actividades y en las aulas donde se dan, los estudiantes se limitan a realizar s ejercicios o talleres con pocas interacciones con el docente. Esto se comprobó en el trabajo de recopilación de la información, en donde se grabaron cerca de 10 profesores.

mediante el uso de estas estrategias, sin olvidarnos de la habilidad y experiencia del profesor, la actitud de los participantes y las circunstancias del contexto, los profesores consiguen un equilibrio entre la autoridad y la empatía, lo cual supone, según lo estudiando por Cros y sus colaboradores, una de las claves indispensables del éxito docente (Castellá et al., 2006; Cros, 2003b).

Sobre este último aspecto se podría hablar a la vez de un andamiaje afectivo que realiza la profesora en esta aula, el cual se ve reflejado en la forma de interactuar con sus estudiantes, promoviendo la motivación, el interés, la emoción por los temas de estudio, que hace que el estudiante responda de cierta manera y generalmente de forma beneficiosa para propiciar su propio aprendizaje. Aspectos similares fueron reportados por Turner et al. (1998), en donde a partir de la codificación de los enunciados presentes en el discurso del profesor, encontraron el uso de estrategias para promover la motivación de los estudiantes. Estos autores denominan estas estrategias como medios de soporte intrínsecos, es decir, un andamiaje destinado a apoyar los objetivos de aprendizaje, evocar interés de los estudiantes, la curiosidad y/o mediar la frustración mediante el interrogatorio y la retroalimentación etc. Además encontraron una clara relación entre el uso de estrategias de andamiaje afectivo y el aumento de la participación de los estudiantes en la clase.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Sesión 5

Continuación de la actividad

Tema: Sistema Láser He/Ne

Fecha de la clase: 18/09/2014

Duración de la clase: 1:45 min

La actividad de la clase anterior continúa en esta sesión. En esta clase se hace la socialización de la lectura del artículo sobre el sistema láser He/Ne, de la lectura los estudiantes debieron responder tres preguntas que la profesora escribió en el tablero la clase anterior. La intención de esta sesión es que los estudiantes se den cuenta donde tiene funcionalidad el modelo cuántico del átomo, es decir *la parte práctica del modelo*. Los estudiantes se comprometen con la tarea y exponen a la profesora sus comprensiones cuando ella pasa por los equipos de trabajo. En la mayoría de los casos se hace un uso adecuado del lenguaje químico que describe el funcionamiento del sistema laser He-Ne. Por su parte la profesora asume un rol activo de regulación, interviniendo en ciertos momentos para cuestionar, aprobar parte de las explicaciones de los estudiantes, aclarar o complementar la información; acciones docentes que permiten evidenciar en los diálogos la construcción conjunta de significados.

Sinopsis de la clase

Breve descripción de la situación

En esta clase la profesora está dialogando con sus estudiantes acerca de la tarea realizada sobre la lectura relacionada con el funcionamiento del láser He-Ne. La actividad se toma gran parte de la clase. Al final la profesora saca a una estudiante al tablero para que dibuje el esquema que realizó y explique lo que entendió de la lectura, y se concluye la clase con una socialización por parte de la profesora con la participación de los estudiantes.

A esta fase le corresponden los episodios 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PROCESOS DIDÁCTICOS
FASE 1 (01:05- 01:55)	Lectura reflexiva del artículo láser He/Ne (34) P: [DEF<] Entonces ahora ustedes van a hacer esta tarea (<i>la profesora le entrega a los</i>	



<p>LECTURA SOBRE EL SISTEMA LASER He/Ne</p>	<p><i>alumnos una hoja con una lectura</i>). Entonces muy juiciosos vamos a hacer una lectura reflexiva de este artículo, este artículo se localiza, por favor le ponen la bibliografía en el texto de Petrucci, página 346. Vamos a hacer esta tarea en el cuaderno, muy juiciosos. Voy a anotar las preguntas que ustedes deben responder con esta lectura.</p> <p><i>(La profesora escribe en el tablero)</i></p> <p>Laser He/Ne</p> <p>Con base en la lectura atenta y reflexiva:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dibuja un esquema donde represente el funcionamiento de un láser He/Ne 2. Escribe tu interpretación del funcionamiento del láser He/Ne 3. Lista los conceptos implicados en tu comprensión y organiza con ellos una malla conceptual. <p>(35) P: [REG<] Pilas con una cuestión, <i>estoy preguntando por tu comprensión</i>, tu esquema, tu mapa, no estoy diciendo dibuje los esquemas que trae el artículo, aquí el artículo tiene varios esquemas, yo no estoy solicitando que se dibujen los esquemas que trae el artículo. Estoy diciendo que dibuja el tuyo.</p> <p><i>(Los estudiantes realizan la lectura y se ponen a hacer la tarea asignada por la profesora).</i></p> <p>En la siguiente sesión de clase se hace la socialización de la actividad del láser He/Ne.</p>	<p>La profesora define el medio: hacer una lectura reflexiva de un artículo sobre el láser de He-Ne y responder unas preguntas con base en ello.</p> <p>TOPO: La profesora insiste en aclarar a los estudiantes que deben hacer la tarea desde su comprensión sin transcribir los esquemas del artículo.</p>
<p>Episodio 4</p>	<p>Es que todas las energías no son electrones.</p> <p>(34) P: ¿Cuál es su esquema?</p> <p>(39) Omar: bueno éste supongamos que es el átomo de neón.</p> <p>(40) P: [REG<] Ese no es, es la <u>representación</u>.</p> <p>(41) Omar: Es la representación, entonces yo lo que quiero decir aquí es que una energía...</p> <p>(42) P: ¿Qué es esa <u>energía</u>? ¿Cuál?</p> <p>(43) Omar: <u>Electrones</u>.</p>	<p>TOPO: La profesora aclara a los estudiantes ser precisos con el lenguaje. Un modelo es una representación, en este caso del átomo.</p>



	<p>(44) P: ¿Cuáles electrones? ¿De dónde vienen esos electrones?</p> <p>(45) Omar: ¿De dónde vienen...? vea, usted tiene esa pila ahí, de ahí viene la energía.</p> <p>(46) P: Es que todas las energías no son electrones. Bueno, entonces en este caso son electrones.</p> <p>(47) Omar: [DEV<] Sí, entonces lo que quiero decir es que con esa energía, esa <u>energía</u> <u>estimula</u> el <u>átomo</u> de <u>helio</u> ¿cierto? cuando lo <u>estimula</u>, esa <u>energía</u> o ese <u>electrón</u>... Aquí el <u>átomo</u> <u>colisiona</u> realmente es con <u>electrones</u> ¿cierto? los electrones tienen energía, entonces aquí es más aproximado poner electrones de <u>alta</u> <u>energía</u> o electrones, todo electrón en movimiento como cualquier objeto en <u>movimiento</u> posee <u>energía</u>. Ok, entonces cuando esa <u>colisión</u> se da, me <u>excita</u> el <u>átomo</u> de <u>helio</u> <u>alcanzando</u> pues un electrón un nivel, en este caso un nivel $1s^1, 2s^1$ ¿cierto? entonces queda un electrón de valencia $2s^1$. Luego se presenta una segunda colisión de este átomo excitado con <u>átomos</u> <u>neutros</u> de <u>neón</u> produciendo un átomo...</p> <p>(52) P: [REG<] No, los átomos de helio siempre estarán excitados, ya dijiste que los átomos de helio excitados colisionan con los del neón, listo, ahí vamos bien. Entonces ahí vamos a completar las situaciones y a mejorar esos dibujos.</p>	<p>DEV-REG: la profesora se apoya en sus preguntas para ir obteniendo información relevante por parte de los estudiantes.</p> <p>TOPO-MESO: el estudiante da la explicación del funcionamiento del sistema láser He-Ne a la profesora, usando la terminología química adecuada.</p> <p>TOPO: La profesora regula y le pide al estudiante mejorar parte de la tarea.</p>
<p>Episodio 5</p>	<p>Los láseres pueden ser de varios colores</p> <p>(54) Ángela: ...estábamos preguntándonos también por qué el láser cuando emite la luz es de color rojo, porque es que hay láseres que hemos visto que también son azules.</p> <p>(55) P: Por la longitud de onda. [Es que] ahí dice que...</p> <p>(56) Sofía: [¿Pero] todos funcionan de helio o de neón? ¿O pueden tener otros...?</p> <p>(57) P: Todos los metales se pueden usar como láser. Hay laser de rubidio, hay láser de carbono</p>	<p>TOPO: Las estudiantes hacen preguntas a la profesora acerca de sistemas láseres que ellas conocen, y los colores que emiten estos.</p> <p>MESO: Se introduce a la medio información importante del láser.</p>



	diamante, incluso de... pues, láseres hay de muchos tipos.	Hay laser de muchos tipos y los metales se pueden usar como láser.
Episodio 6	<p>No es cualquier electrón ni cualquier transición.</p> <p>(79) Ángela: [DEV<]...Primero esos electrones interaccionan con el helio, los excita y los sube de nivel de energía, pues los manda para otro orbital, pues un nivel más alto de orbital atómico.</p> <p>(80) P: ¿Cuáles electrones?</p> <p>(81) Estudiante: Los de valencia.</p> <p>(82) P: [REG<] ¿Cuál de valencia?. Es que no es suficiente decir que se excitan los electrones, tienes que saber cuáles. Porque si los electrones fueran iguales todos, entonces es válido decir que se excitan los electrones...</p> <p>(83) P: Donde está la ecuación química representando esto. Ah, ahí está muy interesante y ¿acá en dónde están? Ah sí, que estén aquí es muy interesante pero y acá (<i>el cuaderno</i>) (.) Entonces cuál es la descripción y que es lo que tú comprendes, que aquí diga “interesante” que diga.</p>	<p>TOPO: La estudiante asume su rol y le explica a la profesora lo que entiende.</p> <p>La profesora se centra en preguntas, en donde ella sabe que a los estudiantes se les dificulta la comprensión. Además aclara que se debe ser más preciso con la información y en este caso especificar cuál electrón de la capa de valencia.</p> <p>Reglas de juego: A los estudiantes les falta parte de la tarea y la profesora se los hace saber. Contrato didáctico.</p>
Episodio 7	<p>Acá me dicen que el anuncio de neón es espontáneo, pero me dicen que en el láser es inducida.</p> <p>(87) Pablo: Profesora ¿por qué no ocurre una estimulación en un anuncio de neón sabiendo que en éste también se produce una estimulación?</p> <p>(88) P: Allá si hay una estimulación pero diferente a la del rayo láser.</p> <p>(89) Pablo: Pero ¿por qué? ¿Qué diferencia hay entre la estimulación que hay acá y...? (<i>el estudiante muestra una figura de la lectura</i>), pues, acá me dicen que el anuncio es espontáneo, pero me dicen que en el láser es inducida.</p> <p>(90) P: Es inducida, es que primero aquí simplemente la corriente eléctrica, los electrones</p>	<p>TOPO: El estudiante hace preguntas en donde asocia objetos y materiales conocidos.</p> <p>MESO: Se introducen otros conceptos al medio: estimulación espontánea y estimulación inducida.</p> <p>TOPO: Mateo y Pablo son estudiantes que manifiestan interés por los temas de clase y en lugar de que la profesora les pregunte, generalmente son ellos los que</p>



	colisionan con los átomos de neón y se generan las transiciones... (<i>Anuncio de neón</i>). En cambio en el láser tú primero excitas al helio, el helio colisiona con el neón y el neón hace transiciones...	inician las conversaciones y los que cuestionan.
Episodio 8	<p>¿Cómo hacen para que un láser corte?</p> <p>(101) Judith: Profe ¿entonces cómo hacen para que un láser, para que no tenga calor?</p> <p>(102) P: ¿Cómo así? ¿Qué quieres decir con eso?</p> <p>(103) Judith: Pues, usted ve en las películas cortan así con un láser? ¿Cómo hacen para que eso corte?</p> <p>(104) P: Ah, pero eso es <u>láseres de alta energía</u>, que la energía corta el material.</p> <p>(107) Judith: Entonces cómo hace para no cortar la mitad del...[tablero]</p> <p>(108) P: Ah porque éste es de baja energía, es un láser de baja energía, la longitud de onda de este láser está en el visible rojo, como lo mostró ahora.</p>	<p>Las estudiantes relacionan lo trabajado en clase sobre el láser, con situaciones que conocen de la vida cotidiana o en los medios de comunicación.</p> <p>Esta parte enriquece los diálogos entre profesora y estudiantes porque se aclaran dudas que se generaron en los estudiantes a través de la clase y que tienen una aplicación real en el contexto.</p>
Episodio 9 SOCIALIZACIÓN	<p>Socialización de la actividad</p> <p>Sofía ¿estás de acuerdo con la interpretación que hizo Yuli?</p> <p>(<i>La profesora se posiciona en el centro del salón y le pide a un estudiante que diga un número del 1 al 27</i>)</p> <p>(114) Estudiante: El ocho.</p> <p>(115) P: El ocho (14s) (<i>la profesora se fija en la lista de clase</i>) Yuli, Rivas, Yuli. Dibújeme su esquema de láser y lo explicas, y por favor le ponemos mucha atención a la explicación que va a dar.</p> <p>(<i>La estudiante sale al tablero</i>)</p> <p>(117) Yuli: [DEV<] <u>Yo</u> <u>puse</u> una corriente eléctrica que se va directamente al helio y entonces el helio se excita. Los <u>átomos de helio excitados colisionan</u> con los <u>átomos de neón</u> y excitan al neón y así éstos <u>liberan</u> un <u>fotón</u>.</p>	<p>TOPO Y MESO: La profesora genera un debate de ideas entre los estudiantes y al final resume la respuesta sobre lo que está debatiendo, pero más que la</p>

	<p>Cuando el helio está <u>excitado</u> y el electrón vuelve a la <u>capa</u> más <u>interna</u> libera el <u>fotón</u> al igual que el neón y lo hacen exactamente con la misma <u>frecuencia</u>, es decir, las <u>longitudes</u> tienen la misma <u>velocidad</u>, la misma...</p> <p>(118) P: Sofía ¿estás de acuerdo con la interpretación que hizo Yuli?</p> <p>(119) Sofía: [DEV<] Pues estoy de acuerdo pero dudo un poquito en lo último que dijo del fotón.</p> <p>(120) P: ¿Qué estas dudando?</p> <p><i>(La profesora le pregunta lo mismo a varios estudiantes, los cuales dicen si están o no de acuerdo. Al final salen a la luz dos posiciones)</i></p> <p>(133) P: Leamos, por favor leemos todos para ver cuál de las dos posiciones es la razonable según el texto, si los fotones de neón emitidos excitan los átomos de neón o como dicen Sofía y Yuli, son los átomos de helio que excitan el neón, los de neón liberan y se libera un porcentaje. Entonces por favor leemos nuevamente el documento y miramos cuál de las dos es la razonable.</p> <p><i>(Los estudiantes conversan entre ellos sobre la lectura y algunos le hacen preguntas a la profesora. Para responder las inquietudes de los estudiantes la profesora usa el gráfico del tablero que realizó una de las estudiantes).</i></p> <p>(Al final la profesora resume y da la explicación correcta para el fenómeno).</p> <p>(137) P: [INST<] Mire que son las dos, hay tanto <u>colisiones</u> de <u>átomos neutros</u> con <u>átomos de helio excitados</u>, como los <u>átomos de helio excitados</u> con el <u>fotón</u> ¿sí? (...) ¿listo? (13 s).</p> <p>(138) P: Recuerden que dentro de ocho días es el parcial.</p>	<p>respuesta lo que hace es dar pautas a los estudiantes sobre cómo deben asumir su proceso de aprendizaje.</p> <p>Las reglas de juego del contrato didáctico estuvieron muy presentes en esta clase ya que los estudiantes asumen su rol.</p> <p>INST: la profesora resume los aspectos importantes del funcionamiento del láser.</p> <p>CRONO: Se termina el tiempo de clase.</p>
--	---	---

Tabla 21. Sinopsis de la sesión 5

La transcripción completa de estos episodios con sus respectivos análisis se encuentra en el Anexo 11. A continuación se hace alusión a las generalidades de lo acontecido en esta clase.

Acerca del medio didáctico de la actividad

La profesora selecciona un artículo sobre el láser He-Ne, extraído de un texto de química. La elección del artículo se hace teniendo en cuenta que existen varios tipos de láseres pero con un funcionamiento más complejo. También se pueden trabajar otras temáticas como son los espectros de emisión, pero por la experiencia de la profesora, considera que a los estudiantes les llama más la atención el láser, por tratarse de una tecnología actual dada la creciente importancia de las aplicaciones de la cuántica en nuestra sociedad (electrónica, láser, rayos x, etc.). En palabras de la profesora con respecto a la preparación de la clase sobre el sistema láser, expresa lo siguiente:

“A ver yo pongo el láser, porque el láser se localiza un artículo en un texto de química general que es bastante bueno, sencillo, es como para el nivel de ellos, pero también uno se puede comprometer por ejemplo algo que se llama los espectros de emisión o de absorción atómicos. Ellos trabajan algo de eso pero yo se los dejo más como trabajo independiente, pero el láser me gusta mucho porque está muy en la vida de ellos y está en el mundo de hoy. Por ejemplo los espectros atómicos son muy interesantes pero casi no le prestan atención, en cambio cuando pongo el láser, si se comprometen. Otra cosa que es muy interesante son las pantallas líquidas de los celulares o esas pantallas de los computadores que funcionan también en ese modelo, por ejemplo explicar por qué se ilumina una pantalla de un celular, eso también se explica con el modelo cuántico, pero ahí si es más complicado porque en el láser tengo es átomos individuales [He y Ne], en cambio en esas pantallas ya no tengo átomos y como el material no es gaseoso tengo es moléculas y tengo sólidos, entonces eso es mucho más complejo porque entran varios fenómenos, en cambio en el láser se representa con átomos y los átomos están haciendo cada uno esa función láser. Pero hay que tener en cuenta también que hay otros láseres más complejos, yo los he querido introducir pero tienen mucha matemática y ya ahí no sirve con tanta matemática, ya que lo que interesa es que los estudiantes comprendan que sucede en el átomo internamente y que lo comprendan de modo cualitativo, no en el sentido de hacer de las matemáticas” (Entrevista 4, p. 6). (Anexo 3)

Cuando se le pregunta a la profesora sobre el trabajo práctico del curso, responde:

“No, es que eso lo percibo en la realidad de ese modo, pero el modelo de eso es conceptual (modelo mecánico-cuántico del átomo), yo ese modelo no lo puedo ver por más experimentos que haga. Yo lo que conozco son hechos experimentales y un láser, encender estas lámparas... Estos tubos funcionan cuánticamente (los tubos de neón). Eso es experimental, lo que pasa es que es un experimento muy distinto a los que se está acostumbrado. Pero poner el láser a moverse en el muro, pero si pongo el polvo de tiza lo veo, eso es experimental”.

“Con los experimentos de espectros tú no estás viendo a los electrones, tú solo ves que la llama del mechero se pone azul, o verde o roja, tú no ves más nada. La gran diferencia entre el procedimiento experimental con estos sistemas digitales o con los sistemas tradicionales, porque en los sistemas tradicionales por ejemplo un laboratorio de química tienes que hacer un montón de cuestiones: que los instrumentos, que separar... En cambio cuando tu estas en problemas con el modelo cuántico ya sea con átomos o moléculas polinucleares, tú problema

es encender, tú prendes el computador... por ejemplo el chip es silicio, ¡ah claro!, es silicio pero ¿y? a usted le muestran el chip, le muestran una cosita chiquita o una simcard, todo el mundo saca la simcard del celular pero ¿qué le ve? unos alambritos ahí y ya, pero por qué eso es así?, cómo funciona?, y ahí es donde el modelo se aplica". (Entrevista, 4.p 8-9). Autoconfrontación.

Un aspecto importante de considerar aquí es que en el aprendizaje de la física y de la química se deben relacionar conceptos, teorías, objetos, modelos y acontecimientos en donde la mayor dificultad para los estudiantes es establecer lazos entre los objetos y/o acontecimientos y las teorías y modelos que remiten estos (Tiberghien, Buty, & Le Marechal, 2005). Otro aspecto significativo es que en física y en química las teorías pueden ser consideradas como entidades producidas en un alto nivel de abstracción y son, de cierta forma, esencialmente cualitativas. De acuerdo con Hacking (1989, p.343), podemos considerar las teorías como "especulaciones": "Cuando se habla de "especulaciones", se refiere a la representación intelectual de una cosa que nos interesa conocer, un juego y un ordenamiento de las ideas que permiten dar al menos una comprensión cualitativa de ciertos aspectos del mundo". Estas especulaciones, cuando en física son de orden cuantitativo, según Hacking, sólo lo son parcialmente: "a despecho de toda su panoplia cuantitativa, la especulación sigue siendo cualitativa por esencia" (p. 344).

Con el propósito de articular la teoría con la realidad, se necesitan entidades intermedias, siendo los *modelos* los que traducen los formalismos matemáticos (Sensevy & Mercier, 2007b). Así las entidades lingüísticas con las que trabaja la ciencia son verdaderos operadores en los modelos, que pretenden ser la representación teórica de la realidad. Esos modelos articulan el conjunto de representaciones asociadas a la explicación científica, siendo los modelos científicos las mediaciones entre el sistema formal "teórico" y su interpretación "empírica" (Adúriz-Bravo, 1999).

Esta sesión de clase se centra en una actividad de modelización que pretende relacionar el registro empírico de los fenómenos, con el registro de las teorías y modelos, en donde los estudiantes desarrollan construcciones explicativas. Este juego didáctico representa la actualización concreta en una praxis de un saber que implica hacer uso de esquemas, modelos, símbolos, representaciones que permiten a los estudiantes ligar saberes y argumentar científicamente sus comprensiones del funcionamiento del sistema láser He-Ne.

A continuación se hace la descripción sobre lo que acontece en las dos últimas sesiones de clase analizadas con respecto a las acciones de aprendizaje evidenciadas en los estudiantes, y los procesos de regulación llevados a cabo por la profesora con la consecuente devolución que hacen los estudiantes.

Tipos de actividad de aprendizaje y procesos de regulación y de devolución en las dos últimas clases

En este punto, los estudiantes generan situaciones de producción (esquemas, dibujos, ecuaciones) y *comunicación* de saberes, en donde intervienen otras temáticas del curso traídas a colación (sesión 4) y explicación y argumentación del funcionamiento del modelo de la práctica de referencia de la clase: el láser (sesión 5). Estas dos últimas sesiones y de acuerdo al avance de los estudiantes en la unidad temática se denominaría andamiaje final, en el cual se observa un progreso en la complejidad de las representaciones y del conocimiento construido en esta aula por los estudiantes. En ciertos momentos, los diálogos alcanzan una riqueza conceptual, en donde se puede percibir la reflexión que están haciendo con los saberes que están adquiriendo desde una postura metacognitiva (sesión 4 y 5).

Teniendo en cuenta la elaboración de las tareas en esta última sesión, se observa que algunos estudiantes incorporan en sus producciones, esquemas, ecuaciones y representaciones del modelo en estudio, es decir dibujan el modelo mecánico-cuántico del átomo, sin la advertencia o recomendación de la profesora (Anexo 7.1). Con respecto a las acciones de aprendizaje en esta aula, se puede decir que el trabajo realizado a lo largo de las sesiones de clase, deja ver el proceso de construcción progresiva de sistemas de significados compartidos entre la profesora y los estudiantes. Los apoyos y ayudas que la profesora ofrece a los estudiantes, también van evolucionando y se modifican para elaborar y reelaborar versiones cada vez más ricas, complejas y válidas de las representaciones compartidas sobre los contenidos científicos y tareas objeto de la actividad conjunta.

También se puede decir que las ayudas de la profesora a los distintos grupos de trabajo cambian de manera sistemática a lo largo de las sesiones, adaptándose a la capacidad mostrada en cada momento por los distintos grupos, ajustando su apoyo conforme a las necesidades individuales de los estudiantes. Así mismo la profesora evalúa la competencia

de los estudiantes suministrando retroalimentación en ciertos momentos de la interacción. También se resalta que en el proceso de regulación que se realiza en esta aula, sobre todo en las dos últimas sesiones, generalmente se trata de que sea el estudiante quien produzca su propia respuesta de aprendizaje.

En la siguiente tabla se reúnen algunos momentos de los intercambios discursivos entre profesora y estudiantes. La tabla se centra en ciertos fragmentos de la clase que dan pistas de como transita el saber, a partir de cinco aspectos que son: los conocimientos en juego (contenido epistémico), los juegos de aprendizaje y sus reglas, ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Como se muestra a continuación:



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Saberes en juego: Sistema láser He –Ne, transiciones electrónicas, configuración electrónica, absorción y emisión de energía.			
Juegos de aprendizaje y reglas de juego	Momentos de la dupla DEV-REG	Ideas orientadoras y enunciados construidos en los juegos de aprendizaje	Resultante del juego en términos de contenido movilizado.
Juego 1: Formular dudas (los estudiantes preguntan inquietudes que surgen del estudio extra clase)	<p>(1) Pablo: Profesora yo al arrancar el electrón de un átomo estoy disminuyendo el espacio que necesita...</p> <p>(2) P: Tú no disminuyes espacio, estas liberando electrones. El orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio...</p> <p>(3) Mateo: Profesora entonces en la mayoría de los libros está ese error, de que toman al orbital como un espacio en el cual se va colocando el electrón. Yo leí Petrucci, Chang, este otro libro que tengo aquí.</p> <p>(4) P: Pueden haber errores de traducción...El autor original que es el que está en inglés, puede que el traductor al español diga de otro modo, lo interprete de ese modo.</p> <p>(5) Mateo: Profesora cómo se explica que en la atracción que el núcleo tiene hacia los electrones cuando los electrones están creando orbitales, cómo se explica de que al final los electrones no choquen con el núcleo.</p>	<p>El orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio</p> <p>En la mayoría de los libros está ese error</p> <p>Pueden haber errores de traducción, puede que el autor del texto no esté diciendo eso y el traductor al español lo interprete de ese modo.</p> <p>¿Porque los electrones no chocan contra el núcleo?</p> <p>Relación de números cuánticos, función de onda</p>	<p>Esta situación frente a esta idea se ha repetido varias veces, y se nota que los estudiantes son más críticos con la información y van incorporando saberes</p>

<p>Regla de juego:</p> <p>-Hacer preguntas, así no se relacione con la temática del momento</p>	<p>(6) P: Por los números cuánticos, tu todo lo explicas en términos de la función de onda, pero la función de onda implica varias variables, un estado de energía, un momento angular, un momento magnético, la interacción de esas tres variables es lo que hace que el electrón no caiga en el núcleo...</p> <p>(13) Mateo: Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.</p> <p>(14) P: Tengo que tener números cuánticos. Eso tiene que ser con la mecánica cuántica, es decir me tengo que comprometer con tratar la función de onda. Cuando determinas las expresiones de la energía según la función de onda, eso no te permite que nunca la energía sea cero para caer en el núcleo...</p> <p>(17) Mateo: Profe, una pregunta que ayer nos planteábamos él (Pablo, compañero de estudio) y yo es, se supone que los electrones siempre están en movimiento, por lo tanto los átomos también, entonces este objeto que parece quieto (<i>el estudiante señala el libro de química</i>), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento.</p> <p>(18) P: Él está en reposo con respecto a una superficie terrestre.</p>	<p>estado de energía, momento angular, momento magnético.</p> <p>Cuando determinas las expresiones de la energía según la función de onda, eso no te permite que nunca la energía sea cero para caer en el núcleo...</p> <p>Este objeto que parece quieto (<i>el estudiante señala el libro de química</i>), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento.</p>	<p>El estudiante no queda satisfecho o no entiende la respuesta, porque sigue preguntando al respecto.</p>
---	---	---	--

	<p>(21) Pablo: Y si el observador está en movimiento?</p> <p>(22) P: Depende donde se para, en cuál modelo. Tú te puedes parar en el modelo newtoniano y ahí el observador no está en movimiento, te puedes parar en teoría de la relatividad; en teoría de la relatividad, el observador puede estar en movimiento, ahí hago otro modelo distinto y otro tratamiento diferente. Todo depende en cual modelo te paras a leer el mundo.</p> <p>(25) Pablo: Pero entonces está en movimiento o no está en movimiento.</p> <p>(26) P: Depende del modelo, desde la física newtoniana no está en movimiento, si te paras en teoría de la relatividad y consideras al observador en movimiento, lo pones en movimiento al libro y si estoy en la mecánica cuántica esto no es de ningún interés en la mecánica cuántica. Ese libro no le interesa para nada a la mecánica cuántica.</p>	<p>Todo depende en qué modelo te paras a leer el mundo.</p> <p>Se aclaran las diferentes perspectivas de la teoría de la relatividad, física clásica, mecánica cuántica, teoría de cuerdas, etc.</p> <p>Ese libro no le interesa para nada a la mecánica cuántica.</p>	<p>Se formulan preguntas que van más allá de las temáticas del curso.</p> <p>Se evidencia un diálogo transaccional en donde estudiantes y profesora exponen sus puntos de vista.</p>
<p>Juego 2:</p> <p>-Seguir el discurso de la profesora.</p> <p>-Prestar atención a las demostraciones del sistema láser He-Ne (llavero de láser y polvo de tiza)</p>	<p>Sistema láser He/Ne</p> <p>(33) P: Hay muchos objetos que son cuánticos y nosotros los manipulamos, este llavero se llama un señalador láser, ustedes conocen y todos los días todos convivimos con los señaladores laser.... <i>(La profesora continúa con su discurso y hace una demostración con un láser y polvo de tiza).</i></p>	<p>Objetos que son cuánticos y se usan cotidianamente</p>	

<p>-Hacer la lectura sobre el sistema láser He-Ne.</p> <p>Esquema pregunta- /respuesta/validación</p> <p>Reglas de juego</p> <p>-Realizar esquemas, gráficos, modelos, símbolos desde una comprensión propia.</p> <p>-Producir ideas explicativas respecto al funcionamiento del sistema láser He-Ne.</p> <p>Regla de juego:</p> <p>-Mejorar los dibujos</p>	<p>(34) P: Entonces ahora ustedes van a hacer esta tarea. Voy a anotar las preguntas que ustedes deben responder con esta lectura.</p> <p>(35) P: Pilas con una cuestión, <i>estoy preguntando por tu comprensión</i>, tu esquema, tu mapa, no estoy diciendo dibuje los esquemas que trae el artículo, aquí el artículo tiene varios esquemas, yo no estoy solicitando que se dibujen los esquemas que trae el artículo. Estoy diciendo que dibuja el tuyo.</p> <p>(34) P: ¿Cuál es su esquema?</p> <p>(47) Omar: Sí, entonces lo que quiero decir es que con esa energía, esa energía estimula el átomo de helio ¿cierto? cuando lo estimula, esa energía o ese electrón... Aquí el átomo colisiona realmente es con electrones ¿cierto? los electrones tienen energía, entonces aquí es más aproximado poner electrones de alta energía o electrones, todo electrón en movimiento como cualquier objeto en movimiento posee energía. Ok, entonces cuando esa colisión se da, me excita el átomo de helio alcanzando pues un electrón un nivel, en este caso un nivel $1s^1, 2s^1$ ¿cierto? entonces queda un electrón de valencia $2s^1$. Luego se presenta una segunda colisión de este átomo excitado con átomos neutros de neón produciendo un átomo...</p> <p>(52) P: No, los átomos de helio siempre estarán excitados, ya dijiste que los átomos de helio excitados colisionan con los del neón, listo, ahí</p>	<p>Lo que quiero decir es que con esa energía, esa energía estimula el átomo de helio ¿cierto? cuando lo estimula, esa energía o ese electrón... Aquí el átomo colisiona con electrones... los electrones tienen energía, entonces cuando esa colisión se da, me excita el átomo de helio alcanzando pues un electrón un nivel, en este caso un nivel $1s^1, 2s^1$...</p>	<p>El estudiante da la explicación del funcionamiento del sistema láser He-Ne a la profesora, usando la terminología química adecuada.</p>
--	--	--	--

<p>Regla de juego:</p> <p>-Decir cuales electrones se excitan</p>	<p>vamos bien. Entonces ahí vamos a completar las situaciones y a mejorar esos dibujos.</p> <p>(54) Ángela: ...estábamos preguntándonos también por qué el láser cuando emite la luz es de color rojo, porque es que hay láseres que hemos visto que también son azules.</p> <p>(55) P: Por la longitud de onda. [Es que] ahí dice que...</p> <p>(56) Sofía: [¿Pero] todos funcionan de helio o de neón? ¿O pueden tener otros...?</p> <p>(57) P: Todos los metales se pueden usar como láser. Hay laser de rubidio, hay láser de carbono diamante, incluso de... pues, láseres hay de muchos tipos.</p> <p>(79) Ángela: [DEV<]...Primero esos electrones interaccionan con el helio, los excita y los sube de nivel de energía, pues los manda para otro orbital, pues un nivel más alto de orbital atómico.</p> <p>(80) P: ¿Cuáles electrones?</p> <p>(81) Estudiante: Los de valencia.</p> <p>(82) P: [REG<] ¿Cuál de valencia?. Es que no es suficiente decir que se excitan los electrones, tienes que saber cuáles. Porque si los electrones fueran iguales todos, entonces es válido decir que se excitan los electrones...</p>	<p>Los láseres pueden ser de varios colores y depende de la longitud de onda.</p> <p>Hay laser de rubidio, de carbono diamante hay de muchos tipos.</p> <p>No es cualquier electrón ni cualquier transición.</p>	<p>Las estudiantes relacionan lo trabajado en clase sobre el láser, con situaciones que conocen de la vida cotidiana o en los medios de comunicación.</p> <p>Esta parte enriquece los diálogos entre profesora y estudiantes porque se aclaran dudas que se generaron en los estudiantes a través de la clase y que tienen una aplicación real en el contexto.</p>
---	--	--	--

<p>- Hacer la tarea completa en el cuaderno usando esquemas, gráficos, modelos.</p>	<p>(83) P: Donde está la ecuación química representando esto. Ah, ahí está muy interesante y ¿acá en dónde están? Ah sí, que estén aquí es muy interesante pero y acá (<i>el cuaderno</i>) (.) Entonces cuál es la descripción y que es lo que tú comprendes, que aquí diga “interesante” que diga.</p> <p>(101) Judith: Profe ¿entonces cómo hacen para que un láser, para que no tenga calor?</p> <p>(102) P: ¿Cómo así? ¿Qué quieres decir con eso?</p> <p>(103) Judith: Pues, usted ve en las películas cortan así con un láser? ¿Cómo hacen para que eso corte?</p> <p>(104) P: Ah, pero eso es láseres de alta energía, que la energía corta el material.</p>	<p>¿Cómo hacen para que un láser corte?</p>	
<p>Juego 3: Socializar saberes</p>	<p>(<i>La profesora se posiciona en el centro del salón y le pide a un estudiante que diga un número del 1 al 27</i>)</p> <p>(114) Estudiante: El ocho.</p> <p>(115) P: El ocho (14s) (<i>la profesora se fija en la lista de clase</i>) Yuli, Rivas, Yuli. Dibújeme su esquema de láser y lo explicas, y por favor le ponemos mucha atención a la explicación que va a dar.</p> <p>(<i>La estudiante sale al tablero</i>)</p>	<p>La profesora genera un debate de ideas entre los estudiantes y al final resume la respuesta sobre lo que está debatiendo, pero más que la respuesta lo que hace es dar pautas a los estudiantes sobre cómo deben asumir su proceso de aprendizaje.</p>	<p>Los estudiantes muestran propiedad y buen uso del lenguaje al hablar del funcionamiento del láser He-Ne. Producen esquemas, dibujos, ecuaciones, símbolos y explican el</p>

<p>Regla de juego</p> <p>-Argumentar sobre el saber en juego</p>	<p>(117) Yuli: [DEV<] Yo puse una corriente eléctrica que se va directamente al helio y entonces el helio se excita. Los átomos de helio excitados colisionan con los átomos de neón y excitan al neón y así éstos liberan un fotón. Cuando el helio está excitado y el electrón vuelve a la capa más interna libera el fotón al igual que el neón y lo hacen exactamente con la misma frecuencia, es decir, las longitudes tienen la misma velocidad, la misma...</p> <p>(118) P: Sofía ¿estás de acuerdo con la interpretación que hizo Yuli?</p> <p>(119) Sofía: [DEV<] Pues estoy de acuerdo pero dudando un poquito en lo último que dijo del fotón.</p> <p>(120) P: ¿Qué estás dudando?</p> <p><i>(La profesora le pregunta lo mismo a varios estudiantes, los cuales dicen si están o no de acuerdo, argumentando su respuesta). Al final salen a la luz dos posiciones)</i></p> <p>(133) P: Leamos, por favor leemos todos para ver cuál de las dos posiciones es la razonable según el texto, si los fotones de neón emitidos excitan los átomos de neón o como dicen Sofía y Yuli, son los átomos de helio que excitan el neón, los de neón liberan y se libera un porcentaje.</p> <p><i>(Los estudiantes conversan entre ellos sobre la lectura y algunos le hacen preguntas a la profesora. Para responder las inquietudes de los</i></p>	<p>Una corriente eléctrica que se va directamente al helio y entonces el helio se excita. Los átomos de helio excitados colisionan con los átomos de neón y excitan al neón y así éstos liberan un fotón...</p> <p>Se introducen nuevos significados a la clase como son: haz de electrones, emisión espontánea e inducida, fotón de luz, reacción en cadena, espectro electromagnético y los tipos de radiación (ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos x etc.), láseres de baja y alta energía, laser de rubí, carbono diamante y rayos x, espejo reflectante etc.</p>	<p>funcionamiento del sistema láser He-Ne.</p>
--	---	--	--

	<p><i>estudiantes, la profesora usa el gráfico del tablero que realizó una de las estudiantes).</i></p> <p><i>(Al final la profesora resume y da la explicación correcta para el fenómeno).</i></p> <p>(137) P: Mire que son las dos, hay tanto colisiones de átomos neutros con átomos de helio excitados, como los átomos de helio excitados con el fotón ¿sí? (...)¿listo? (13 s).</p>		
--	---	--	--

Tabla 22. Conocimientos en juego, los juegos de aprendizaje, enunciados construidos y la resultante del juego en términos del contenido movilizado. Sesiones 4 y 5.

En el primer juego, en donde los estudiantes exponen sus dudas, el contenido de las preguntas tiene un valor epistémico mayor, evidenciándose que están reflexionando sobre lo aprendido, incluso se dan cuenta de errores de transposición del saber. Esto se hace notorio en los turnos 2 y 3, cuando el estudiante le expresa a la profesora que en la mayoría de los libros definen el orbital como un espacio para que los electrones se ubiquen a modo de estantería. Además se observa una motivación por el por el quehacer científico con preguntas como (5) “¿Cómo se explica que en la atracción que el núcleo tiene hacia los electrones, al final los electrones no choquen con el núcleo?” (17) “Se supone que los electrones siempre están en movimiento, por lo tanto los átomos también, entonces ¿este objeto que parece quieto no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento?”. Estos juegos tienen aspectos interesantes en el sentido que permite a los estudiantes examinar su conocimiento a la luz de la certeza que tienen sobre ciertos fenómenos relacionados con el mundo atómico y cuántico.

Con respecto al segundo juego, los estudiantes están estableciendo lazos entre los conocimientos trabajados en sesiones anteriores (transiciones electrónicas, absorción y emisión de energía, configuración electrónica) con los nuevos elementos de conocimiento relacionados con el funcionamiento del sistema láser (haz de electrones, emisión espontánea e inducida, fotón de luz, reacción en cadena etc.). Los raciocinios que realizan los estudiantes son expresados por diferentes sistemas semióticos. Aquí también salen a la luz, las representaciones imaginarias de la ciencia que tienen los estudiantes: (103) Judith “Usted ve en las películas que cortan así con un láser? ¿Cómo hacen para que eso corte? (107) Judith: Entonces cómo hace para no cortar la mitad del... [Tablero], (la estudiante señala el llavero láser que tiene la profesora). La profesora hace referencia al láser de alta y baja energía.

El tercer juego (socializar saberes) se relaciona con la práctica social de referencia: la comunidad de investigadores científicos que debaten entre ellos un saber producido. Este se basa en la explicación colectiva de un estudiante, con aportes y validaciones de los compañeros, para finalmente actualizar el estado de los conocimientos producidos por el grupo. En estas ideas explicativas se generan dos puntos de vista: “los fotones de neón emitidos excitan a los átomos de neón” o “los átomos de helio excitan el neón, los [átomos] de neón liberan energía y se libera un porcentaje [de energía]”. Después de otro debate y lectura del documento de estudio, la profesora termina por dar forma a estas ideas: “Mire que

son las dos, hay tanto colisiones de átomos neutros con átomos de helio excitados, como átomos de helio excitados con el fotón”. De este modo se da cuenta de la co-construcción de saberes en esta aula por medio de actividades colectivas. A continuación se resume parte del contenido trabajado en esta clase y argumentado por los estudiantes en sus explicaciones:

“El proceso de emisión láser en un láser de helio-neón se inicia con las colisiones de los electrones procedentes de la descarga eléctrica con los átomos de helio del gas. Este hecho excita los átomos de helio que pasan del estado fundamental a los estados excitados metaestables 2^3S^1 y 2^1S^0 . Por otro lado, las colisiones de los átomos de helio excitados con los átomos de neón en el estado fundamental excitan estos últimos y los hace subir hasta el nivel 5s. El proceso se puede representar con la siguiente ecuación de reacción:



Donde * representa un estado excitado y ΔE la pequeña diferencia de energía entre los estados excitados de ambos átomos, que es de unos $0,05 \text{ eV}$ ”. El número de átomos de neón excitados aumenta a medida que se van produciendo más colisiones entre átomos de helio y átomos de neón, hasta obtener una inversión de población entre los niveles electrónicos del neón 5s, 3p y otros. Después de esta transición láser se produce una rápida caída del nivel 3p al estado fundamental 2p gracias a las colisiones de los átomos de neón con las paredes del recipiente...”

Para finalizar se realiza un análisis general sobre lo acontecido en esta clase a nivel del medio, los roles asumidos por los actores, y el tiempo didáctico en el proceso de enseñanza y aprendizaje llevado a cabo en esta aula.

¿Qué avances a nivel mesogenético, topogenético y cronogenético se dieron en esta clase?

En esta clase se evidencia que la mayoría de los estudiantes hicieron la lectura del artículo y realizaron la tarea. A nivel del medio se puede decir que los estudiantes muestran propiedad y buen uso del lenguaje al hablar del funcionamiento del láser He-Ne. Además se introducen nuevos significados a la clase como son: haz de electrones, emisión espontánea e inducida, fotón de luz, reacción en cadena, espectro electromagnético y los tipos de radiación (ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos x etc.), láseres de baja y alta energía, láser de rubí, carbono diamante y rayos x, espejo reflectante etc., que hacen parte de las transacciones didácticas generadas entre profesora y estudiantes.

El rol de la profesora consiste en cuestionar a los estudiantes sobre lo que dicen, con el fin de verificar sus comprensiones y en algunos casos llamar la atención por la falta de precisión en la información (38, 40, 50, 80), o por no incluir las ecuaciones que representan el modelo (83), ya que las ecuaciones, los esquemas y las palabras son parte importante en el proceso

de comprensión. Esto es más claro cuando la profesora al final dice en 138, *“Pero esto es lo que está en el libro, ahí está escrito en el libro esto, lo que pasa es que a esto hay que ponerle atención para poder darle más significado a los esquemas ¿sí? lo que les quiero mostrar es que no es suficiente las palabras, simplemente palabras ¿cierto? sino que el esquema, las palabras y las ecuaciones le dan el sentido de lo que implica el fenómeno”*; revelando que el uso de estas representaciones hace parte del proyecto didáctico de la tarea, ya que pueden contribuir a mejorar el aprendizaje no solo de las aplicaciones de la cuántica, sino también de los aspectos teóricos trabajados en esta aula. En el anexo 7.1 se muestran algunas de las tareas realizadas por los estudiantes, en donde incluyen estos elementos de representación más elaborados, incluso algunos de ellos al referirse a los átomos (He y Ne), dibujan el modelo mecánico-cuántico.

En toda la sesión se observan avances topogenéticos ya que los estudiantes asumen su rol, y se muestran más interesados en su papel en el juego de aprendizaje (Ep. 4, 5, 7). Algunos de ellos, en particular en el episodio 7, traen al medio otros cuestionamientos que les surgen de las lecturas que realizan en un trabajo extra-clase, o por conocimientos previos. Al final de la clase en el episodio 9, por medio de una socialización, los mismos estudiantes son los que validan la información de sus compañeros, generándose aquí una controversia con dos posiciones sobre el láser, que terminan siendo válidas ambas en el proceso. Pero se necesitó de esta última actividad para que los estudiantes expusieran sus puntos de vista, y terminaran de mejorar sus comprensiones y esquemas acerca del funcionamiento del láser He-Ne, pero ya de forma colectiva.

Sobre esta última actividad se puede decir que en un contexto de participación y de actividad conjunta el consenso es un asunto importante, en donde se trata de asemejar a una comunidad de investigadores científicos que debaten entre ellos el saber producido. Hay momentos en los que los estudiantes muestran su posición con las ideas que van apareciendo. La profesora se dirige al grupo de clase, trabaja con las ideas que se han expuesto y las formula hasta llegar a un acuerdo conseguido en una acción colectiva. Las opiniones tienen que estar fundamentadas y la clase se convierte en una actividad discursiva retórica generada con las preguntas de la profesora en donde los estudiantes argumentan su respuesta, usando el lenguaje científico:

(128) P: Pablo tú ¿estás de acuerdo con eso o no estás de acuerdo?

(129) Pablo: Básicamente sí, porque cuando el electrón en el átomo de helio excitado choca con un átomo de neón y le transmite esa energía al átomo de neón, más no genera fotón; esa energía que él emite, implica que se excita el átomo de neón. Al excitar ese átomo de neón y bajar a un nivel más externo emite un fotón, ese fotón estimula a otro átomo de neón, eso implica transiciones en el átomo de neón y eso es una reacción en cadena.

Finalmente el consenso sobre lo dicho por los estudiantes es validado por la profesora como autoridad, pero fundamentada en el en el texto del saber. La docente tiene el control de la actividad, pero la organiza de tal manera que todos los estudiantes se ven implicados en el sentido de la misma.

A nivel cronogenético la clase se termina después de la socialización grupal, pero se puede decir que con esta última actividad, los avances del medio y roles asumidos por los actores posibilitaron un movimiento cronogenético que permitió a la profesora concluir la sesión de clase.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS RELATIVOS AL DESARROLLO DE LA UNIDAD TEMÁTICA: VISIÓN GENERAL

En el anterior apartado se realizó una descripción de cada una de las cinco sesiones de clase analizadas a fin de comprender la organización de la actividad y el proceso de enseñanza aprendizaje en esta aula. Ahora se presenta una visión global de los resultados de las sesiones que hicieron parte de la unidad temática, permitiendo la obtención de información relevante sobre el modo en que se ha trabajado en esta aula y que responde a varias de las cuestiones en las que se traducen los objetivos de esta investigación. Estas preguntas son: ¿Cómo el profesor y los estudiantes llegan a co-construir significados a partir de la interacción en donde han participado? ¿Qué tipo de conocimientos (conceptuales, procedimentales, actitudinales) construyen los estudiantes? ¿Cuáles son los efectos del enriquecimiento topogenético de los estudiantes en una clase que promueve la co-construcción discursiva? y ¿Cuáles son los fenómenos didácticos que tienen lugar en una clase que promueve la co-construcción discursiva?

4.2.1 Descripción general del desarrollo de la unidad temática

A lo largo de la unidad se ha descrito el proceso de enseñanza y aprendizaje llevado a cabo en un aula universitaria. Dicha descripción se hace desde la lectura de las categorías meso, topo y cronogénesis, las cuales permitieron identificar la manera como se construyen conjuntamente las significaciones alrededor de unos contenidos del saber. La planificación de las actividades en esta aula está ligado con un aspecto que se ha planteado desde el principio de esta tesis, y es pensar el rol docente (del profesor universitario), desde un esquema participativo colectivo de las acciones de enseñanza, lo que implica que el profesor debe preparar un medio para las acciones del estudiante, en función de ese proyecto didáctico. Desde esta perspectiva la actividad didáctica se realiza a partir de una interacción orientada a una gestión docente de la dupla *devolución-regulación*, en donde ambos participantes desempeñan un papel activo que condiciona el carácter dinámico del proceso enseñanza aprendizaje, en el cual tanto profesor como estudiantes deben cumplir unos roles.

4.2.2 Estrategias de regulación y andamiaje en esta aula

Respecto a las funciones de *regulación* en esta aula, es importante resaltar que no deben entenderse como procedimientos aislados, sino que para propiciar el proceso de co-construcción de conocimiento es necesario inscribirlas en una secuencia estructurada de *andamiaje*, siendo aquí primordial, como se ha mencionado a lo largo de las sesiones de clase analizadas, la función mediadora de la profesora y la respuesta de los estudiantes a esa dinámica de trabajo (*devolución*). De acuerdo a Delmastro (2008), el andamiaje proporciona variados niveles de soporte y estructuras de aprendizaje imbricados en la trama de las conversaciones y acciones didácticas que se generan en el aula, por lo tanto constituye parte integral de la interacción social necesaria para la construcción del conocimiento.

A continuación se presentan dos tablas, en la primera de ellas se describe el papel que realiza la profesora por medio de acciones de regulación y andamiaje y la función a la que responde esta gestión docente en la co-construcción guiada de conocimiento (Tabla 23). Luego en una segunda tabla, se describen las funciones realizadas por los estudiantes a través del acto devolutivo y su papel en esta aula de clase. En estas dos tablas se encuentran elementos que ayudan a responder la pregunta central de este estudio: ¿Cómo el profesor y los estudiantes llegan a co-construir significados a partir de la interacción en donde han participado?

Rol de la profesora en esta aula	
Función a la que responde	Estrategias de regulación y andamiaje en esta aula
Para crear un buen clima de trabajo y establecer las base necesarias para constituir un mínimo de intersubjetividad	<ul style="list-style-type: none"> -Llamar a los estudiantes por su nombre, para hacerlos sentir partícipes de la clase. -Iniciar la clase dejando espacio para que emerjan inquietudes, necesidades, expectativas, preguntas de los estudiantes. (Generalmente la clase se inicia con preguntas de la profesora como: <i>¿Dudas? ¿Preguntas? ¿Aclaraciones? ¿Confusiones?</i>) -Partir de las fortalezas tanto individuales como del grupo de trabajo, estimulando el trabajo individual y cooperativo. -Aprobar o dar muestras de aprobación de los aportes de los estudiantes para crear empatía y favorecer la autoconfianza. -Generar ambientes de colegaje, pero también de respeto y autoridad.



	<p>-Usar el sentido del humor.</p>
<p>Para hacer emerger las ideas previas y las preconcepciones de los estudiantes</p>	<p>- Planear actividades que implique que los estudiantes expresen sus ideas sobre los conceptos y en general las temáticas trabajadas en el curso usando sus propias comprensiones.</p> <p>- Ayudar a los estudiantes a establecer relaciones (puentes) entre sus conocimientos previos y el contenido en estudio.</p> <p>- Realizar preguntas a los estudiantes del tipo <i>¿Qué significas con...? ¿A qué te refieres con...? ¿Qué es lo que tú comprendes por...?...</i></p>
<p>Para co – construir el conocimiento de manera compartida</p>	<p>-Realizar inicialmente un espacio de trabajo individual o en pequeños grupos de estudiantes previo al trabajo grupal.</p> <p>-Proponer una puesta en común en el grupo, después de una reflexión individual o de los grupos de trabajo.</p> <p>-Explorar las ideas de los estudiantes, si es el caso re-elaborarlas en un trabajo conjunto y a partir de esas ideas, crear un producto colectivo.</p> <p>-Verificar la comprensión de los estudiantes y hacer desmenuzar y concretar términos abstractos. Por ejemplo, <i>¿Qué se entiende por...? ¿Qué significas con...?...</i></p> <p>-Hacer contrastar los aportes de los estudiantes con los documentos de estudio o la literatura del curso (conocimiento experto) a partir preguntas o constataciones.</p> <p>-Ayudar a analizar las actuaciones de los estudiantes a través de una pregunta que les permita llegar a detectar el problema. <i>¿Piensa en la imagen de esas interacciones? ¿Están de acuerdo con que una molécula es...? ¿Estás o Están de acuerdo con lo que dijo...?</i></p> <p>-Otorgar el tiempo suficiente para que el estudiante recupere información y elabore sus respuestas.</p> <p>-Llegar a acuerdos con respecto al conocimiento.</p> <p>-Provocar desafíos y retos que hagan cuestionar los significados del estudiante.</p> <p>-Incitar a reflexionar a los estudiantes pidiéndoles que justifiquen sus respuestas y las soluciones dadas a los ejercicios.</p>



	<p>-Corregir el lenguaje que aparece en las ideas de los estudiantes para ir estabilizando el léxico propio del tema y del área.</p> <p>-Plantear preguntas concretas que se derivan directamente de los aportes de los estudiantes, relacionados con las tareas, o con los documentos de estudio; <i>¿Qué posición defiendes tú? ¿Por qué dices eso? ¿A qué te refieres con...? ¿Qué es lo que tú comprendes?</i></p>
<p>Para explicar y guiar apuntando a los objetivos propuestos</p>	<p>-Acompañar las sesiones con documentos de estudio donde queden explicitadas las bases teóricas y las actividades a realizar.</p> <p>-Explicar acompañando el discurso con esquemas, representaciones, analogías que permita a los estudiantes entender los conceptos.</p> <p>-Explicitar los objetivos y la justificación de las actividades que se realizan o que se piden hacer.</p> <p>-Establecer relaciones constantes entre los nuevos contenidos que son objeto de aprendizaje y los conocimientos previos de los estudiantes.</p> <p>-Incorporar nueva información al entramado teórico de la clase, a partir de los aportes de los estudiantes.</p> <p>-Enfatizar sobre hacer uso del modelo en estudio (modelo mecánico-cuántico del átomo), en las diferentes tareas.</p> <p>-Ir resituando en el proceso y a la vez sintetizando con preguntas o ideas <i>¿En qué íbamos? ¿Qué es lo importante?, “Recuerden que hasta ahora hemos trabajado...”</i></p> <p>-Repetir a menudo ideas claves de acuerdo al proyecto didáctico</p> <p><i>“El problema es de energías y de interacciones”, “si no hay interacción no hay átomo, porque mi problema es de interacción, y las interacciones son energía finalmente”, “Es mejor repetir cien veces cambia, absorbe energía o libera energía, cambia la interacción con el núcleo” etc.</i></p> <p>-Avanzar paulatinamente en cuanto a la complejidad de las temáticas.</p> <p>-Exigir a los estudiantes en sus aportes de acuerdo al avance de la unidad temática.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> -Aportar la retroalimentación necesaria. -Llamar la atención a los estudiantes sobre hablar en voz alta, responder lo preguntado, cumplir con las tareas. -Observar la actuación de los estudiantes para poder decidir en qué momento es necesario cambiar de estrategia o de actividad. -Dar cabida a la sorpresa de acuerdo a lo que en el momento despierta interés en el estudiante. -Reflejar un interés no solamente por los contenidos del currículo, sino también por lo no planificado. -Reflexionar su acción docente a partir de las producciones de los estudiantes y el conocimiento movilizado.
--	--

Tabla 23. Resumen de las estrategias de regulación y de andamiaje en esta aula.

4.2.3 Rol asumido por los estudiantes en esta aula

Por su parte los estudiantes asumen posturas en el proceso de enseñanza aprendizaje, en donde se puede decir que en general muestran un progreso a medida que avanza la unidad temática. A continuación se describen las funciones que cumplen los estudiantes en los procesos de co-construcción de significados, evidenciados en las acciones de devolución en las distintas dinámicas de trabajo en la clase. A la vez, las actuaciones de los estudiantes se agrupan de acuerdo a los tipos de saberes (*conceptuales, procedimentales y actitudinales*) puestos de manifiesto por los alumnos en esta aula. Aunque se trató de hacer una clasificación, es importante señalar aquí que estos saberes no se desarrollan aisladamente, es decir, los *conocimientos* necesariamente se asocian a los *procedimientos* y a la vez a los *valores*, reforzándose unos a otros.

Aquí se responde a la vez la pregunta ¿Qué tipos de conocimientos construyen los estudiantes? Esta pregunta se complementa más adelante en la figura 15 (contenido construido y movilizado en los juegos de aprendizaje) y en el apartado de las conclusiones cuando se habla de la evolución mesogenética en esta aula (5.2.2).

Rol asumido por los estudiantes en esta aula	
En función de:	Acciones de los estudiantes (devolución)



<p>Aprendizaje de conceptos: Adquisición sistemática de conocimientos teóricos que implican nombrar, definir, describir, citar, etc.</p>	<p>Prestan atención a las explicaciones de la profesora.</p> <p>Realizan las lecturas y las actividades propuestas en las clases.</p> <p>Expresan sus aportes y dudas en la clase.</p> <p>Hacen uso de su memoria didáctica.</p> <p>Muestran apropiación de los saberes en juego.</p> <p>Apoyan sus opiniones en los expertos, literatura química y otras fuentes.</p> <p>Usan adecuadamente el lenguaje químico.</p>
<p>Aprendizaje de procedimientos y procesos: que incluyen operaciones de aplicación de conceptos y cálculos, y en este caso usar adecuadamente el modelo de estudio en sus explicaciones.</p>	<p>Elaboran esquemas, modelos y representaciones de las situaciones en estudio.</p> <p>Asocian los nuevos conocimientos con los previos.</p> <p>Interpretan información relacionada con las temáticas del curso.</p> <p>Proponen soluciones a las tareas.</p> <p>Hacen uso adecuado de modelos, esquemas, ecuaciones, símbolos químicos en sus tareas y explicaciones.</p> <p>Argumentan sus ideas.</p> <p>Hacen sus propias deducciones.</p> <p>Reflexionan sobre los fenómenos estudiados.</p>
<p>Aprendizaje de actitudes y valores: necesarios para el ejercicio profesional como la responsabilidad, autonomía, iniciativa, trabajo en grupo etc.</p>	<p>Aceptan la responsabilidad compartida de los conocimientos a través de la interacción.</p> <p>Assumen su protagonismo y el control a medida que avanza la unidad temática.</p> <p>Son autodidactas en su aprendizaje.</p> <p>Vinculan sus ideas y las de los demás.</p> <p>Preguntan a otros (compañeros o profesor) para comprender y clarificar.</p>

	<p>Escuchan tanto a sus pares como al profesor.</p> <p>Van más allá de lo pedido en sus aportes y preguntas.</p> <p>Defienden sus ideas.</p> <p>Cumplen con las actividades propuestas.</p>
--	---

Tabla 24. Rol asumido por los estudiantes en esta aula.

Es importante resaltar que la caracterización realizada en las dos tablas anteriores, no es más que el resultado de una estrategia didáctica y pedagógica implementada en esta aula, de la cual hacen parte de manera implícita pero ya descrita en los resultados y análisis de cada una de las sesiones de este capítulo, el medio didáctico, los saberes en juego, las reglas de juego, en fin, los diferentes parámetros de la situación educativa. En este punto se puede decir que la identificación de las posiciones didácticas (del profesor y los estudiantes) en los enunciados, ayuda a contribuir a la caracterización de las transacciones didácticas. Es por ello que describir la concepción participativa en los procesos de enseñanza y aprendizaje, implica describir los roles de los actores de la clase por medio del discurso de los participantes, para explorar e intentar comprender los procesos de construcción de conocimientos en un aula universitaria. Con respecto a los estudiantes se evidencia que muestran características particulares con respecto a su relación con las temáticas del curso, algunos son más conceptuales, otros hacen relación de saberes, otros son autodidactas, están los que más se cuestionan etc., algunos muestran una evolución topogenética interesante. Sobre este último aspecto más adelante en esta misma sesión (4.2.5) y luego en el apartado de discusión y conclusiones (5.5), se complementa y se da cuenta de elementos puntuales de los diálogos entre profesora y estudiantes, y cómo estos contribuyen a construir conocimiento en esta aula.

4.2.4 Tipos de actividades y acciones de aprendizaje de los estudiantes

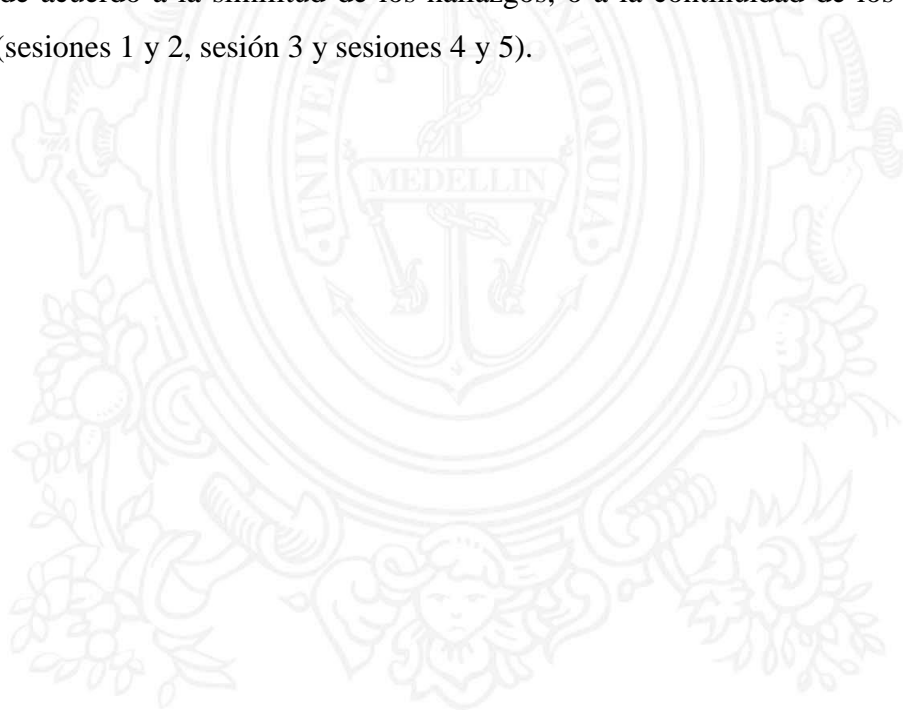
Centrándonos en las actividades realizadas en esta aula y con ello a la evolución topogenética de los estudiantes, se encuentra que en el avance de las tareas a lo largo de las sesiones de clase, estos exhiben acciones de aprendizaje que apuntan hacia la *recepción/interpretación*, *producción/transformación* y *comunicación/metacognición* de saberes. En la siguiente tabla

se hace una descripción general sobre el andamiaje que realiza la profesora en esta aula con los recursos implementados, y como respuesta a ello, las acciones de aprendizaje por parte de los estudiantes que se evidenciaron a lo largo del desarrollo de la unidad temática.

Fase de andamiaje y recursos	Tipos de actividades y acciones de aprendizaje en los estudiantes
<p>Andamiaje inicial</p> <p>Sesiones 1 y 2</p> <p>Recursos: discurso y simulación que realiza la profesora. Se tienen en cuenta los saberes previos de los estudiantes.</p>	<p>Recepción/interpretación</p> <ul style="list-style-type: none"> -Hacen la lectura de los documentos de estudio. -Exponen sus dudas y preguntan si es el caso. -Definen conceptos haciendo uso de su memoria didáctica. -Resuelven ejercicios usando sus propias lógicas.
<p>Andamiaje de transformación</p> <p>A partir de la sesión 3</p> <p>Recursos: documentos de estudio (análisis de gráficos), ejercicios, discurso, retroalimentación y preguntas de la profesora.</p>	<p>Producción/transformación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Hacen análisis de información. -Resuelven ejercicios acertadamente. -Relacionan y describen conceptos en otra situación o contexto. -Realizan preguntas sobre lo que no concuerda con lo que saben. -Algunas preguntas van más allá de las temáticas de la clase.
<p>Andamiaje final</p> <p>Sesiones 4 y 5</p> <p>Recursos: Artículo y demostración sobre láser He-Ne, discurso y preguntas de la profesora, socialización.</p>	<p>Comunicación/metacognición:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Elaboran esquemas, gráficos, símbolos, modelos. -Demuestran que han incorporado los contenidos por medio de sus respuestas y argumentos. -Usan adecuadamente el léxico en el discurso alrededor del tema. - Participan en los diálogos con aportes, preguntas y reflexiones que implican una carga epistemológica importante.

Tabla 25. Acciones de aprendizaje de los estudiantes, fases de andamiaje y recursos.

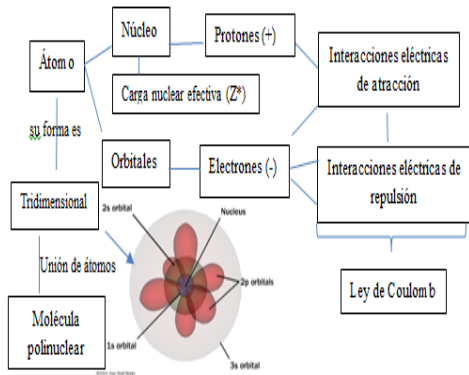
En la siguiente gráfica se resume la información presentada en esta tabla, relacionando a la vez el contenido epistémico, el rol y el grado de apoyo de la profesora (círculo sombreado de un mayor tamaño), que representa cómo el protagonismo y control de la docente en las sesiones de clase se va desvaneciendo a lo largo de la unidad temática. Del mismo modo, se indica la responsabilidad asumida por los estudiantes (círculo sombreado de menor tamaño), de acuerdo al papel y protagonismo logrado por los mismos en el trabajo de aula. Así mismo, se especifican los recursos y estrategias usadas por la profesora y lo que ocurre a nivel de la mesogénesis y topogénesis en las distintas sesiones. Las clases analizadas se agrupan en tres momentos de acuerdo a la similitud de los hallazgos, o a la continuidad de los conceptos trabajados (sesiones 1 y 2, sesión 3 y sesiones 4 y 5).



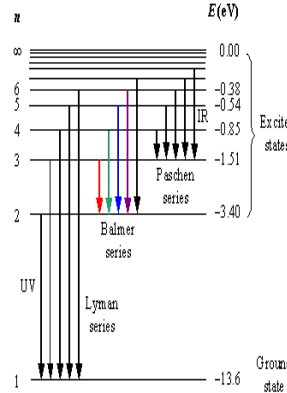
UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Sesiones 1 y 2: Ideas de aproximación al modelo cuántico del átomo.



Sesión 3: Transiciones electrónicas



Energy levels of the hydrogen atom with some of the transitions between them that give rise to the spectral lines indicated.

Sesiones 4 y 5: Sistema láser He-Ne

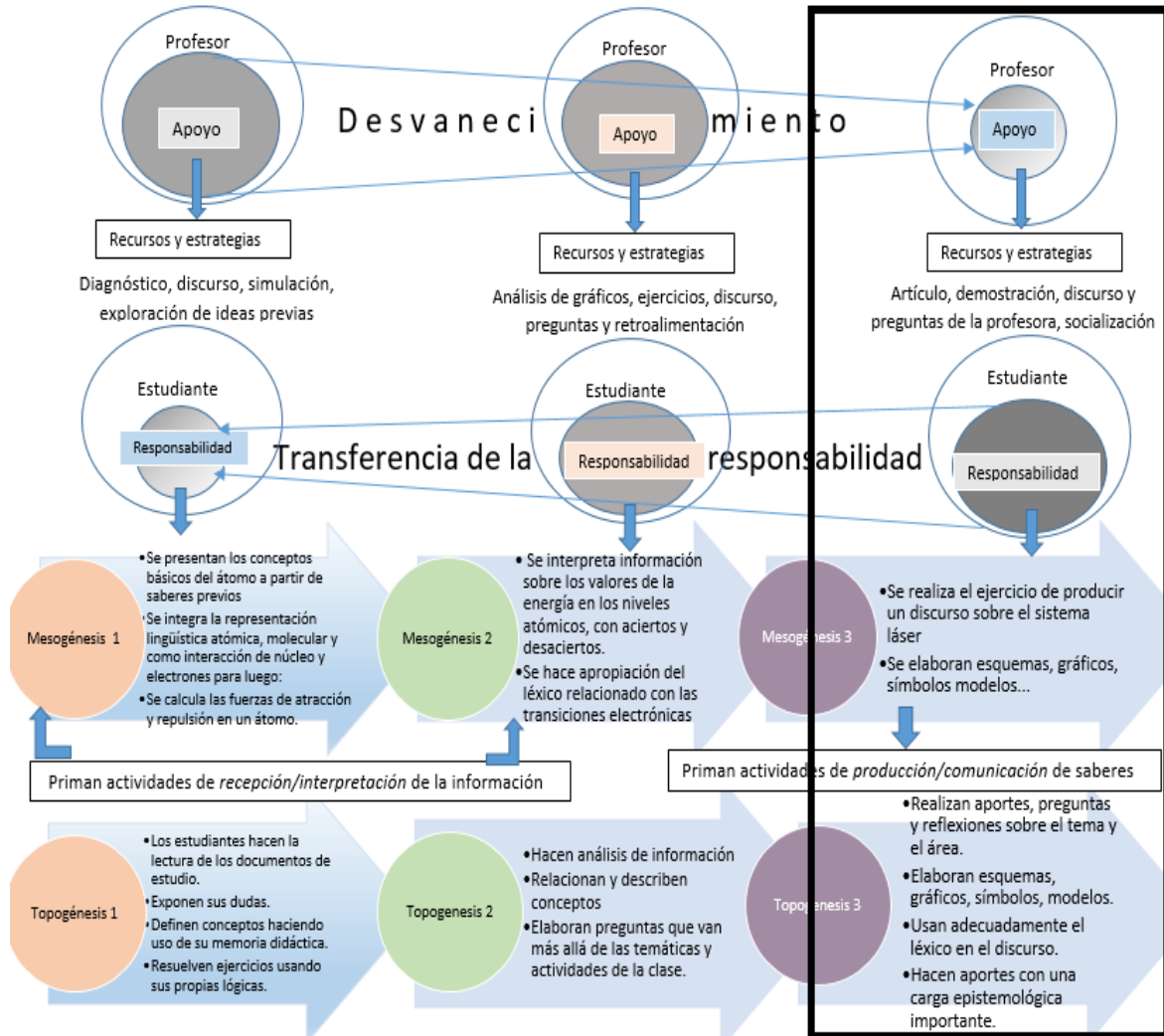
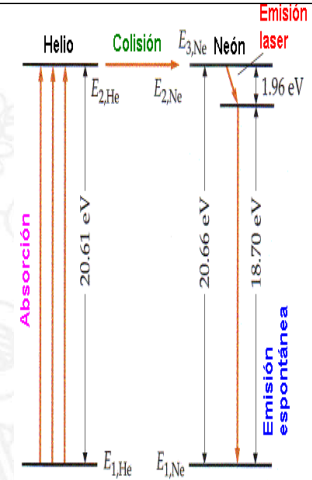


Figura 14. Esquema general del desarrollo de las sesiones de clase.

Continuando con la descripción de los procesos de regulación y de construcción de andamiaje en esta aula, se encuentra que estos además de apuntar a ayudar a los estudiantes a la comprensión de los contenidos, apuntan a otros sentidos: por un lado lo relacionado con el topos específico del estudiante en donde se trata de “entrenar al estudiante” para que estructure su rol como investigador, como aprendiz, su rol crítico (disposición profesional). Y por otro lado está el andamiaje intelectual, en el sentido de predisposición para comprender nuevos fenómenos no cotidianos como los del mundo cuántico (cultura científica). Es importante denotar aquí que el andamiaje hacia la disposición profesional esta inevitablemente ligado al intelectual. A continuación se traen varios momentos de las clases a modo de ideas o enunciados de la profesora que dan cuenta de esta función:

Andamiaje hacia la disposición profesional:	Andamiaje Intelectual (cultura científica):
<p>La profesora todo el tiempo está invitando a los estudiantes a <i>pensar, reflexionar</i> y en ciertos momentos a asumir su autonomía en la clase con expresiones como las siguientes:</p>	<p>Apunta a nuevas comprensiones de fenómenos desde el mundo cuántico.</p>
<p><u>“Entonces cuando nosotros pensamos con orbitales atómicos que es realmente eso que llamamos 1s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s, 4p, 4d, 4f, etcétera, y estamos pensando que los electrones se mueven con relación al núcleo atómico”</u></p>	<p><u>“Estamos trabajando con el modelo-cuántico del átomo”</u></p>
<p><u>“Este dibujo [modelo mecánico-cuántico del átomo] es bastante significativo si le pongo mi conocimiento”</u></p>	<p><u>“...Entonces los orbitales atómicos son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo atómico y los electrones (.)”</u></p>
<p><u>“Hazte una explicación y con esa explicación pones una cuestión formal pero como una inferencia”</u></p>	<p><u>“Eso me implica pensar diferente a este mundo en que estoy. Estoy en un mundo donde las cosas son objetos puntuales, pero el electrón no es un objeto puntual.”</u></p>
<p><u>“Ya que tú lo tomes de modo formal está bien, entonces cual es la inferencia que haces para tenerlo de modo formal”</u></p>	<p><u>“Un átomo es una abstracción, un modelo, eso es un átomo”.</u></p>
<p><u>“La idea no es tanto contar las fuerzas de interacción, sino que aprendan a leerlas...”</u></p>	<p><u>“Una molécula en sí, es una entidad abstracta que me ayuda a pensar en química”</u></p>
<p><u>“La idea es que aprenda a pensar, lo demás es hacer un cálculo”.</u></p>	<p><u>“El espacio se construye, el espacio no está dado, el espacio no es un cajón para poner cosas, el espacio es según el objeto en movimiento, ese es el espacio.”</u></p>

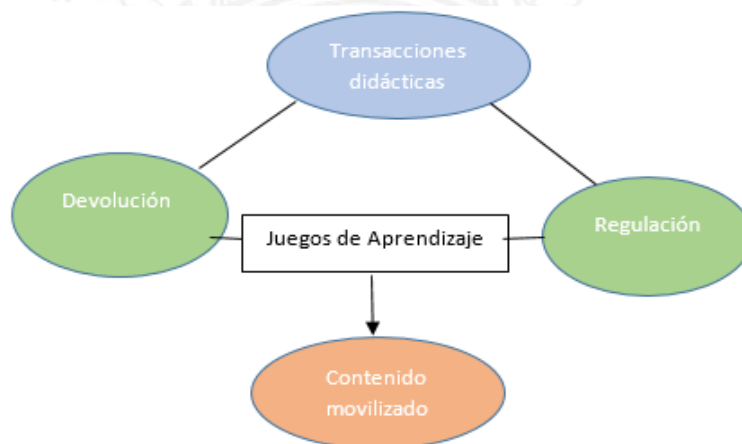
<p><u>“A bueno, listo, entonces si lo va a considerar así escríbalo”</u></p> <p><u>“Piensa en la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia en el átomo de hierro”</u></p> <p><u>“Vuelve a pensar Ester”</u></p> <p><u>“Las propiedades intermoleculares dependen de varias moléculas no de una molécula, pero eso lo pongo con los conceptos y con el trabajo que se ha realizado”.</u></p> <p><u>“Si pones esta relación en tu pensamiento esas fuerzas eléctricas no son de igual magnitud.”</u></p> <p><u>“... hay que ponerle atención para poder darle más significado a los esquemas ¿sí? lo que les quiero mostrar es que <u>no es suficiente las palabras, simplemente palabras ¿cierto? sino que el esquema, las palabras y las ecuaciones le dan el sentido de lo que implica el fenómeno”.</u></u></p>	<p><u>“Uno no puede olvidar que estamos dibujando orbitales atómicos en tres dimensiones no en dos.”</u></p> <p><u>“Entonces yo tengo que aprender a percibir en volumen esférico porque es el que me está representando realmente al átomo.”</u></p> <p><u>“Tú lees el mundo con un modelo, con cual modelo te paras, tú lo decides...Pero no es una sumatoria mecánica de modelos, no es eso...”</u></p>
---	--

Tabla 26. Ideas que apuntan al andamiaje hacia la disposición profesional e intelectual en esta aula.

En estas clases se nota además cómo la profesora logra alcanzar cierta empatía y complicidad con los estudiantes, en donde se evidencia un andamiaje afectivo entre ambos. Esto se ve reflejado en la forma de interactuar de la profesora con los estudiantes promoviendo la motivación, el interés, la emoción por los temas de estudio, que hace que el estudiante responda de cierta manera y generalmente de forma beneficiosa para propiciar su propio aprendizaje. Estos momentos se hacen evidentes cuando la docente tiene en cuenta sus aportes favoreciendo la autoconfianza, se interesa por lo que piensan y dicen, dedica el tiempo suficiente en responder sus inquietudes etc... Esta dinámica conjunta implicada en las transacciones didácticas, logra en algunos momentos rebosar las expectativas del trabajo realizado en esta aula en cuanto al enriquecimiento epistémico, cognitivo, metacognitivo, hacia la disposición profesional del estudiante etc... en las sesiones de clase analizadas. Lo dicho anteriormente se evidencia más claramente en la descripción de algunos de los episodios seleccionados en la tabla Tabla 27.

4.2.5 La dupla devolución regulación y la co-construcción de conocimiento en el aula

Describir la construcción de contenido en esta aula, implica centrarse en los *procesos transaccionales* que hacen parte de los momentos de *interacción en la dupla* en el contexto de los *juegos de aprendizaje*, como se ha detallado en los análisis de cada sesión de clase. Este modelo permite identificar dentro de las transacciones didácticas, las posturas de los participantes del juego y cómo en ese juego dialógico y didáctico poco a poco se va logrando la co-construcción de un contexto cognitivo común que se acerca al saber en juego. De allí se realiza el siguiente esquema que contiene algunas de las ideas que hacen parte del contenido transaccional movilizado en los juegos de aprendizaje, en los 4 momentos de las sesiones de clase.



Sesión 1: Ideas de aproximación al modelo mecánico cuántico del átomo

Juego 1: Esquema pregunta/respuesta/validación

Reglas de juego: Seguir el discurso de la profesora, prestar atención a la simulación (movimientos del cable).

Contenido movilizado:

Los electrones en movimiento “crean” un espacio, el orbital.

El espacio que construyen la totalidad de los orbitales atómicos es esférico.

Los orbitales son espacios que se construyen por la interacción entre núcleo y los electrones.

Juego 2: Dibujar la representación actual del átomo. Todos los estudiantes realizaron la tarea, unos pocos usan la representación realizada en las tareas siguientes.

Juego 3: Hallar el número de fuerzas de atracción y de repulsión en un átomo.

Los estudiantes resuelven el ejercicio con la ayuda de la profesora:

-La interacción eléctrica de atracción sería el número de electrones.

-En el número de fuerzas de atracción, los electrones están en movimiento e interaccionan con todos los demás.

Sesión 2: Átomos, moléculas, Carga nuclear

Juego 1: Hacer uso de la *memoria didáctica* en un formato de pregunta/respuesta/validación hasta lograr **definiciones colectivas**

Atomo es la unidad fundamental de la materia. Se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...entre los electrones con otros electrones...

Se llega a un acuerdo: Las propiedades de las sustancias se deben a las fuerzas intermoleculares de varias moléculas, no de una sola molécula.

Juego 2: Dar información sobre la interacción eléctrica de atracción. Este juego no funcionó por tanto se cambió de estrategia.

Juego 3: Escribir la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia del átomo de hierro).

Para algunos estudiantes la nueva estrategia funcionó y aplicaron la lógica:

Cada electrón interactúa con la carga nuclear efectiva que le corresponde.

Sesión 3: Diagrama de energías de orbitales atómicos

Juego 1: Exponer dudas. No se observa que los estudiantes queden satisfechos con las respuestas de la profesora, tal vez por la falta de elementos conceptuales para la comprensión.

Juego 2:

-Analizar gráficos.
Pregunta/respuesta/retroalimentación

Contenido movilizado

En el primer nivel hay más energía y va disminuyendo a medida que aumenta el nivel. En este nivel 1 la interacción núcleo electrón es más fuerte.

Además en los intercambios entre la profesora y los estudiantes se expusieron otras ideas sobre sus comprensiones:

En todas partes hay partículas.

¿Qué tan infinito es ese infinito?

Yo cómo voy a tener una energía negativa, eso es ilógico.

Sesiones 4 y 5: Sistema Láser He-Ne.

Juego 1: Formular dudas (los estudiantes preguntan inquietudes que surgen del estudio extra clase).

Estas preguntas evidencian movilización de contenidos

¿Porque los electrones no chocan contra el núcleo?

Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.

Este objeto que parece quieto (el estudiante señala el libro de química), no está quieto; ¿Se podría plantear que es un objeto en movimiento?

Juego 2: Prestar atención a la explicación y demostración con llavero láser y polvo de tiza. Hacer la lectura sobre el sistema láser He-Ne.

Reglas de juego: Realizar esquemas, gráficos, modelos, símbolos desde una comprensión propia.

Contenido movilizado

Los estudiantes muestran propiedad y buen uso del lenguaje al hablar del funcionamiento del láser He-Ne. Producen esquemas, dibujos, ecuaciones, símbolos y explican el funcionamiento del sistema láser He-Ne.

Juego 3. Socializar saberes: Los estudiantes argumentan sobre las comprensiones que tienen del funcionamiento del sistema láser.

“Una corriente eléctrica que se va directamente al helio y entonces el helio se excita. Los átomos de helio excitados colisionan con los átomos de neón y excitan al neón y así éstos liberan un fotón...”

Figura 15. Contenido construido y movilizado en los juegos de aprendizaje.

4.2.6 Enriquecimiento topogenético de los estudiantes en esta aula

Dar cuenta de la construcción de contenido en las clases, de los tipos de actividades de aprendizaje que apuntan hacia la *comunicación/metacognición* de conocimientos por parte de los estudiantes (Tabla 254), del trabajo de regulación y de andamiaje que realiza la profesora, como un ejercicio pedagógico para crear infraestructura intelectual (Tabla 26), implica a la vez dar cuenta del enriquecimiento topogenético del estudiante evidenciado en la actitud crítica y reflexiva propias de un investigador y características del saber profesional enseñado. Como muestra de ello, en la Tabla 277 se traen algunos fragmentos que se centran en los diálogos de la profesora con estudiantes que manifiestan gran inquietud por las temáticas del curso y el área en general. Estos episodios se organizan de forma cronológica apuntando a diferentes tipos de enriquecimiento topogenético (epistémico, cognitivo, metacognitivo, disposición profesional) encontrados en los estudiantes de esta aula. A continuación se describe que se entiende por cada uno de ellos:

-*El componente epistémico* está relacionado con el saber (significados institucionales). Se tienen en cuenta momentos en los cuales se ponen en juego elementos conceptuales, lingüísticos, actitudinales, argumentativos por parte de los estudiantes.

- *El componente cognitivo* es propio de los sujetos que participan en un determinado proceso de estudio (significados personales). Aquí entran expresiones y formas de interpretar los contenidos por parte de los estudiantes.

-*El componente metacognitivo* está relacionado con la facultad de los estudiantes de procesar información a partir de la percepción, el conocimiento adquirido (experiencia) y características subjetivas que permiten valorar la información, para entender así la manera cómo piensa y aprende. Involucra un conjunto de operaciones intelectuales asociadas al conocimiento, control y regulación de los mecanismos cognitivos.

-*La disposición profesional* está relacionada con las posturas que asumen los estudiantes hacia el saber o la realización de determinada tarea, en las que ponen de manifiesto su rol como investigador, actitud crítica, inquietarse por situaciones o fenómenos que hacen parte de los contenidos de materias venideras y del área de estudio en general, como parte de la profesión.

Cabe aclarar que estos momentos se logran a partir de la tercera sesión de clase analizada, después de un trabajo de formación e instrucción realizado en esta aula. Aquí se responde la pregunta: ¿Cuáles son los efectos del enriquecimiento topogenético de los estudiantes en una clase que promueve la co-construcción discursiva?

Enriquecimiento topogenético de los estudiantes	
Descripción del episodio	Características del Enriquecimiento topogenético
<p>Sesión 3, Ep.8</p> <p>Estudiantes y profesora están hablando sobre el gráfico de transiciones electrónicas del hidrógeno y están inquietos por el estado de energía infinito.</p> <p>(102) Mateo: <i>Profesora pero según yo veo a ese lugar no se puede, a ese nivel de energía no se puede llegar</i> (El estudiante se refiere al estado de energía infinito en el átomo)</p> <p>(103) P (04:27): <i>¿Porque no?</i></p> <p>(104) Mateo: <i>Porque para eso necesitaríamos que no hubiera ninguna partícula interaccionando con el electrón.</i></p> <p>(105) P (04:34): <i>Claro.</i></p> <p>(106) Mateo: <i>Pero en todas partes hay partículas.</i></p> <p>(107) P: <i>Sí, por eso, cuando él interacciona, esta partícula colisiona con el electrón y le da la energía suficiente y el electrón se va del átomo de hidrógeno.</i></p> <p>(108) Mateo: <i>Pero a esa energía no se llega profesora, a ese nivel no se llega.</i></p>	<p>Enriquecimiento metacognitivo: reflexión que hace el estudiante que apunta a la vez al proyecto epistémico de la clase (léxico y conceptual).</p> <p>Los estudiantes se van haciendo conscientes de emplear el <i>léxico</i> adecuado para referirse a los fenómenos que ocurren al interior de los átomos. Aquí el alumno se refiere al infinito como una zona del plano físico cuando habla de “lugar”, pero luego cae en cuenta y corrige su expresión cuando adiciona el “nivel de energía del átomo” (102).</p> <p>En este turno se ve cómo el estudiante se hace preguntas que van más allá de la temática de la clase y no se queda en el plano de solamente analizar los valores de energía de los gráficos.</p> <p>Las ideas que el estudiante expone en los turnos 104 y 106 tienen una carga teórica y epistemológica interesante, ya que está pensando la materia desde el punto de vista atómico en todo lo que lo rodea.</p> <p>El estudiante entabla con la profesora un diálogo que más parece de pares académicos por la forma como pregunta y las aseveraciones que hace, en donde se evidencia que ha incorporado elementos del saber que le permiten hacer este tipo de intervenciones.</p>
<p>Sesión 3 Ep.8</p>	<p>Enriquecimiento hacia la disposición profesional: el estudiante se inquieta por el</p>

<p>Para resumir se describen principalmente los turnos del estudiante, la información sobre las respuestas y los aportes de la profesora se da cuenta en el comentario que se hace de cada fragmento del episodio. En este episodio profesora y estudiante continúan hablando del infinito.</p> <p>(111) P: <i>Infinito es el (la profesora se dirige al tablero y señala al estudiante en una representación del átomo de hidrógeno que dibujó al inicio de la actividad, Ep.1) hace esta distancia muy grande, si esta distancia es muy grande esta energía se aproxima acá a este número. (Estado de energía infinito)</i></p> <p>(114) Pablo: <i>Eso es los aceleradores, esos aceleradores...</i></p> <p>(116) Pablo: <i>¿Pero y entonces ellos [los científicos] cómo hacen para mantener ese núcleo luego de extraer el electrón? ... estable habiéndole quitado una carga?</i></p> <p>(118) Pablo: <i>Pero es que el problema es mantener el núcleo estable sin que...</i></p> <p>(120)Pablo: <i>Obviamente los electrones nunca van a desaparecer...</i></p> <p>(121) P: <i>Ah no, ellos no desaparecen, están en el sistema, están en un plasma, se forma un plasma, núcleos y electrones en un plasma...</i></p>	<p>trabajo de los científicos y quiere entender lo que hacen.</p> <p>El estudiante sigue cuestionando por el infinito, a lo que la profesora en 111 usa el tablero para su explicación. En 114 el estudiante introduce en el diálogo al acelerador de partículas ya que lo relaciona con el tema de conversación notándose que ha leído al respecto. La profesora le responde sobre lo que hace el acelerador de partículas (romper núcleos), que es diferente a romper interacciones núcleo-electrón.</p> <p>En el turno 116 al estudiante se le ocurre una pregunta sobre el trabajo científico, a lo que la profesora le complementa la información sobre cómo se comporta el acelerador de partículas.</p> <p>Pero el estudiante sigue con la duda de la estabilidad del núcleo cuando vuelve y pregunta en 118.</p> <p>En este turno el estudiante sigue con la duda de que le pasa a los electrones y por ello dice en 120, “Obviamente los electrones nunca van a desaparecer...”, en donde se nota cierta propiedad en sus comentarios. La profesora en su respuesta habla del estado plasma...</p> <p>Aquí la pregunta del estudiante da lugar a que entren al medio otras situaciones y fenómenos relacionados con el átomo, además demuestra que se interesa por el hacer científico, es autodidacta y le gusta leer sobre las temáticas relacionadas con el área en general.</p>
<p>Sesión, 3 Ep.9</p> <p>Se continúa hablando del infinito</p> <p>(130) Mateo: <i>¿Este infinito implica el momento en el cual tengo un núcleo...(el estudiante señala el nivel infinito en el gráfico)</i></p>	<p>Enriquecimiento cognitivo: el estudiante tiene lagunas o vacíos de significación y por medio de sus preguntas se acerca al saber.</p> <p>El estudiante sigue con dudas sobre el infinito hasta que elabora la pregunta:</p>

<p>(133) P (12:58): <i>[No] hay interacción en el núcleo, °núcleos libres y electrones libres°.</i></p> <p>(134) Mateo: <u><i>Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?</i></u></p> <p>(135) P: <i>Va a depender del radio atómico del átomo, si su radio atómico es doce picómetros, cuando supere doce picómetros está en el infinito el electrón...</i></p>	<p>“Pero ¿qué tan infinito es ese infinito?”. Este interrogante se considera de gran riqueza ya que pareciera que se hablara de lo mismo cada vez que los estudiantes preguntan sobre un aspecto semejante, pero en realidad se van tocando otros factores que van conformando el entramado teórico del asunto.</p> <p>Aquí la pregunta del estudiante resulta bastante pertinente, porque según la respuesta de la profesora, el infinito en un átomo si tiene un fin.</p> <p>Con el constante cuestionamiento se logra que salgan a relucir otros aspectos importantes de los temas, que habían sido tal vez interpretados de otra manera por los estudiantes, y no considerados relevantes por la profesora en el momento, y que hacen parte importante de la comprensión de ciertos fenómenos en estudio.</p>
<p>Sesión, 3 Ep.9</p> <p>En este episodio el estudiante hace una pregunta alejada de la temática de la clase.</p> <p>(140) Pablo: <u><i>Profesora, porque se dice que la mecánica cuántica nadie la entiende.</i></u></p> <p>(143) P: <i>Esto es mecánica cuántica. No lo que no entienden es el formalismo matemático que es distinto. Si tú te pones con todo el tratamiento matemático no entiendes nada, pero entender el átomo se puede hacer sin ese formalismo.</i></p> <p>(144) Pablo: <u><i>Profesora cómo es posible que uno entienda los procesos que ocurren en el átomo sin entender el formalismo.</i></u></p> <p>(145) P: <i>Entender que cambia el electrón, cómo cambia, que hace transiciones... todo eso lo puedo entender...</i></p>	<p>Enriquecimiento hacia la disposición profesional: El estudiante liga aprendizajes con materias futuras y se empieza a inquietar por ello.</p> <p>Los estudiantes traen al aula inquietudes con las que se entabla un diálogo alejado de la dinámica del tema de estudio, pero relacionado con el modelo atómico en general (140). Alrededor de esta idea se nota que hay un mito que se propaga entre los estudiantes. A lo que la profesora responde: (143) “No, lo que no entienden es el formalismo matemático que es distinto...”</p> <p>Aquí se nota que el estudiante sigue con la duda mostrando que para él, el componente más importante del modelo mecánico cuántico es el bagaje matemático, siendo imprescindible para entender el comportamiento del átomo.</p> <p>Como son estudiantes de la carrera de Química, tienen en mente que en algún momento deben asumir parte del estudio del formalismo matemático del átomo, y sus preguntas reflejan interés e inquietud por estos temas.</p>

Sesión 4, Ep.2

En este episodio el estudiante venía conversando con la profesora sobre por qué los electrones no caen al núcleo y en la respuesta la profesora habla de los números cuánticos, la función de onda y las variables que implican que los electrones no caigan al núcleo. Luego se habla de que en el modelo cuántico no puede haber estado cero, a lo que el estudiante pregunta:

(7) Mateo: *¿Profe por qué no puede haber el estado cero? [Es decir nivel de energía cero]*

(8) P: *Pues para eso tengo que resolver matemáticamente la función de onda, es que esa es la cuestión, porque tú estás representando al electrón como un objeto dual y esa representación es una función de onda matemática y esa función de onda la manipulo y la transformo para determinar energías...*

(9) Mateo: Cuantitativamente sería eso y cualitativamente sería?

(10) P: *No, no, no cuantitativamente no.*

(11) Mateo: *Para poder explicar que no haya un nivel cero, eso es matemático, eso sería cuantitativo.*

(12) P: *Eso no, ese es el tratamiento formal. Porque cuantitativamente al final lo que tu determinas es la energía del electrón...*

(13) Mateo: Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.

(14) P: *Tengo que tener números cuánticos. Eso tiene que ser con la mecánica cuántica, es decir*

Enriquecimiento metacognitivo: el estudiante quiere comprender aspectos del tema desde lo cuantitativo, cualitativo e imaginario.

Con la pregunta del estudiante sobre por qué no puede haber estado cero, se nota que está pensando sobre la constitución íntima del átomo.

Otro aspecto a resaltar aquí es que el estudiante en su rol de preguntar para aclarar sus dudas, introduce palabras como cuantitativo, cualitativo e imaginario. Dando la impresión que cuando habla de cualitativo e imaginario se refiere a una explicación conceptual que dé cuenta de lo abstracto del modelo atómico y cuando habla de cuantitativo se refiere a un cálculo matemático con valores numéricos.

Estas dudas reflejan que los estudiantes se van haciendo más conscientes de su proceso de aprendizaje y quieren comprender a fondo lo que se les está enseñando desde diferentes ópticas.

Es posible que el estudiante quiera saber si se puede demostrar el hecho de que el electrón no caiga al núcleo, sin hacer el tratamiento matemático.



<p><i>me tengo que comprometer con tratar la función de onda...</i></p>	
<p>Sesión 4, Ep.3</p> <p>Nuevamente en este episodio los estudiantes plantean dudas alejadas de la temática de estudio.</p> <p><i>(17) Mateo: Profe, una pregunta que ayer nos planteábamos él (Pablo, compañero de estudio) y yo es, se supone que los electrones siempre están en movimiento, por lo tanto los átomos también, entonces <u>este objeto que parece quieto (el estudiante señala el libro de química), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento.</u></i></p> <p><i>(18) P: Él está en reposo con respecto a una superficie terrestre.</i></p> <p><i>(21) Pablo: Y si el observador está en movimiento?</i></p> <p><i>(22) P: Depende donde se para, en cuál modelo. Tú te puedes parar en el modelo newtoniano y ahí el observador no está en movimiento, te puedes parar en teoría de la relatividad; en teoría de la relatividad, el observador puede estar en movimiento, ahí hago otro modelo distinto y otro tratamiento diferente. Todo depende en cual modelo te paras a leer el mundo.</i></p> <p><i>(25) Pablo: Pero entonces está en movimiento o no está en movimiento?</i></p> <p><i>(26) P: Depende del modelo, desde la física newtoniana no está en movimiento, si te paras en teoría de la relatividad y consideras al observador en movimiento, lo pones en movimiento al libro y si estoy en la mecánica cuántica esto no es de ningún interés en la mecánica cuántica. Ese libro no le interesa para nada a la mecánica cuántica. “Tú lees el mundo con un modelo, con cual modelo te paras, tú lo decides. Ah, pero tienes que leer coherente con</i></p>	<p>Enriquecimiento metacognitivo: el estudiante piensa en todo lo que lo rodea desde el punto de vista atómico.</p> <p>En este episodio los estudiantes plantean dudas que van más allá de lo esperado (17). El estudiante se está cuestionando e imaginando como es el comportamiento de la materia a escala atómica, y lo relaciona con una forma de poder evidenciar ese comportamiento desde esta realidad. Aquí podemos decir que estas preguntas poseen una mayor carga conceptual, además se observa que en torno a las discusiones en ciertos momentos, llega a alcanzarse una complejidad epistemológica bastante rica. Los estudiantes se están socializando en formas de habla y modos de discurso que son específicos del escenario de actividad en la que se encuentran inmersos, adquiriendo nuevas formas de comprender y de explicar la realidad.</p> <p>El estudiante está convencido de su apreciación ya que en 25 después de la explicación de la profesora vuelve y pregunta, “<i>Pero entonces está en movimiento o no está en movimiento? [El libro]</i>”. Lo relevante aquí es mostrar que los estudiantes no solo hacen preguntas que puedan alterar el contenido y la dirección del discurso en el aula, sino que con sus interrogantes y respuestas en ocasiones ponen en duda las aseveraciones de la profesora, conduciendo el diálogo a justificaciones que hacen que la docente muestre lo que sabe. Aquí hay una situación donde se construye una relación de poder más simétrica con la profesora, evidenciándose una postura más crítica del estudiante.</p> <p>En el turno 29 el estudiante sigue dando evidencias de que le llama la atención el tema, que tiene interés en aprender y se vale de otros</p>

<p><i>el modelo, no le puedo poner a este modelo lo de otro modelo, no puedo”.</i></p> <p><i>(29) Pablo: En la teoría de cuerdas si te importaría eso. ...Ahí me relacionan la relatividad con la cuántica.</i></p> <p><i>(32) P: Si pero tienes que cambiarle las condiciones al objeto, no es simplemente un traslado mecánico. Te implica un conjunto de variables para observar el objeto de otro modo. Pero no es una sumatoria mecánica de modelos, no es eso...</i></p>	<p>recursos extra-clase para completar la información, esto es claro cuando dice: “<i>En la teoría de cuerdas si te importaría eso</i>”. ...<i>Ahí me relacionan la relatividad con la cuántica</i>”. A lo que la profesora responde en 31 y cierra diciendo “...<i>Pero no es una sumatoria mecánica de modelos, no es eso...</i>”</p> <p>Aquí se puede decir que en esta aula además de enseñarse la mecánica cuántica en tanto que es un campo que un químico podría trabajar (práctica), también se trabaja la mecánica cuántica como un objeto teórico que es importante que los estudiantes tengan en términos de cultura científica. Es decir se estimula en los estudiantes su rol como investigador, como aprendiz, su rol crítico etc.</p>
<p>Sesión 5, Ep. 9</p> <p>Los estudiantes están en la socialización de la actividad sobre el funcionamiento del láser He-Ne, y una estudiante sale al tablero a petición de la profesora y explica a todo el grupo lo que comprende del sistema láser He-Ne.</p> <p><i>(117) (Yuli): Yo puse una corriente eléctrica que se va directamente al helio y entonces el helio se excita. Los átomos de helio excitados colisionan con los átomos de neón y excitan al neón y así éstos liberan un fotón. Cuando el helio está excitado y el electrón vuelve a la capa más interna libera el fotón al igual que el neón y lo hacen exactamente con la misma frecuencia, es decir, las longitudes tienen la misma velocidad, la misma... ¿cómo es que se llama éste? las crestas son de igual longitudes, pues todo esto es igual; y se liberan y... (5s) este es un espejo que solamente deja escapar un uno por ciento y éste es cien por ciento reflectivo, es decir no se libera nada, entonces los fotones se están liberando es por acá, y ya. Ah, bueno y entonces el neón excitado, el fotón de neón excitado sigue, digamos, cogiendo a los otros átomos y los excita, o sea es como en cadena.</i></p>	<p>Enriquecimiento epistémico: los estudiantes usan los conceptos, el léxico, símbolos y representaciones en sus explicaciones.</p> <p>Aquí los estudiantes expresan sus ideas de forma organizada y coherente, dando muestras de que hacen uso apropiado de la terminología química relacionada con el sistema láser He-Ne.</p> <p>Además usan los símbolos y los esquemas que representa este sistema para lograr una mejor comprensión, evidenciando una apropiación de conocimiento y la incorporación de las representaciones en sus producciones escritas. (Anexo 7). Aquí se puede decir que los raciocinios que realizan los estudiantes son expresados por diferentes sistemas semióticos.</p>

<p>La profesora vuelve y pregunta después de varias versiones desencadenadas del su cuestionamiento:</p> <p>(128) <i>P: Pablo tú ¿estás de acuerdo con eso o no estás de acuerdo?</i></p> <p>(129) <i>Pablo: Básicamente sí, porque cuando el electrón en el átomo de helio excitado choca con un átomo de neón y le transmite esa energía al átomo de neón, mas no genera fotón. Esa energía que él emite implica que se excita el átomo de neón. Al excitar ese átomo de neón y bajar a un nivel más externo emite un fotón, ese fotón estimula a otro átomo de neón, eso implica transiciones en el átomo de neón y eso es una reacción en cadena.</i></p>	<p>En esta parte la profesora se vale de una situación de validación para hacer que la estudiante argumente si está o no de acuerdo con la explicación de sus compañeros.</p> <p>A la vez se observan elementos actitudinales, en cuanto a las disposiciones de los estudiantes, conceptuales y argumentativos que dan indicio de aprendizaje de saberes en esta aula.</p>
<p>A continuación se mencionan tres momentos de las clases que evidencian toma de consciencia del estudiante sobre lo que se está aprendiendo.</p> <p>Sesión 1</p> <p>Episodio 0</p> <p><i>P: ¿Qué has desaprendido acerca de los conceptos modelo atómico y modelo planetario?</i></p> <p><i>Estudiante: Profesora que en el colegio no me ensaaron nada, siempre se trabajaba el modelo de Bohr y otros, no se trabajó el actual, me siento estafada.</i></p> <p>Sesión 3</p> <p>Ep 10; 151</p> <p>(151) <i>Estudiante: “Profesora yo cómo voy a tener una energía negativa, eso es ilógico”</i></p> <p>(152) <i>P: Ilógico en el mundo clásico.</i></p> <p>(161) y (163) <i>Estudiante: Si el electrón se aleja del núcleo el electrón gana energía, si:: Si se</i></p>	<p>Enriquecimiento cognitivo: los estudiantes tienen vacíos en los significados, y por medio de sus preguntas que evidencian un conflicto cognitivo, se inquietan y se acercan al saber.</p> <p>Esta pregunta revela una intención docente centrada en conocer las concepciones de los alumnos sobre el tema estructura atómica y cómo los estudiantes han deconstruido conceptos, y construido otros. Lo clave de la actividad es que es el mismo estudiante, el que se hace consciente de los cambios y transformaciones que han sufrido las ideas del modelo atómico que tenía inicialmente. La expresión de la estudiante lo revela.</p> <p>Aquí se evidencia cómo los conceptos y nociones que los estudiantes tienen de la física clásica, interfieren o dificultan el aprendizaje del comportamiento del átomo de acuerdo al modelo mecánico-cuántico.</p>

<p><i>está acercando al núcleo pierde energía, y entre más lejano va a estar...</i></p> <p>(164) P: <i>Ahí estás haciendo un cambio de un menos y ese menos te está indicando que el electrón de esa interacción eléctrica con el núcleo atómico tiene una magnitud de energía de menos tal cosa (la profesora se ríe).</i></p> <p>(167) Estudiante: <i>No cuadra con Newton.</i></p> <p>(168) P: <i>Si, eso contradice a Newton, tiene toda la razón. Si póngase bravo con Newton tiene toda la razón, pero esa situación no es newtoniana...</i></p> <p>(171) Estudiante 2: <i>Entonces me tienen que cambiar el chip para entender esto (la estudiante se pone los dos dedos índices de su mano en los lados de la frente y se ríe).</i></p> <p>(172) P: <i>Escriba esa conclusión Carla que es muy buena.</i></p>	<p>En los turnos 161 y 163 el estudiante hace deducciones lógicas de los fenómenos electrónicos en el átomo lo que indica que entiende parte del fenómeno.</p> <p>Para que los estudiantes construyan nuevos conocimientos es necesario que sean conscientes de sus propias comprensiones. El hecho de que un estudiante conozca, discuta y reflexione sobre sus propias ideas es esencial para el aprendizaje. Las ideas de los estudiantes pueden ser tan distintas al nuevo contenido que hace que entren en conflicto.</p> <p>Aquí se puede hablar de otro tipo de enriquecimiento topogenético “darse cuenta”.</p> <p>También es de destacar la disposición del estudiante, el cual terminó estudiando bastante y muy comprometido, según la profesora. (Entrevista 3, p. 11).</p>
---	---

Tabla 27. Ejemplos de enriquecimiento topogenético de los estudiantes.

Para cerrar este capítulo, se debe tener en cuenta que estudiar los procesos de enseñanza aprendizaje desde la didáctica es un asunto complejo. Esto implica explicar el comportamiento de los sistemas didácticos, analizar los instrumentos de acción, las decisiones que se toman en el momento, las modificaciones de los agentes, el medio material y simbólico, la institución en donde se desarrolla el proceso etc. Lo que conlleva a la vez a describir situaciones puntuales que tienen un lugar y un tiempo en el devenir de los procesos de instrucción y que, por alguna razón, se consideran como un fenómeno los cuales pueden presentar una cierta regularidad o bien ser sólo singulares (Wilhelmi, Font, & Godino, 2006). Lo anterior nos llevó a esbozar una de las preguntas planteada en esta investigación: ¿Cuáles son los fenómenos didácticos que tienen lugar en una clase que promueve la co-construcción discursiva?

Antes de responder esta pregunta se pasa a definir qué se entiende por fenómeno didáctico.

4.2.7 Fenómenos didácticos observados en el trabajo realizado en esta aula

Se identifica un fenómeno cuando se establece una relación entre una intervención crítica sobre el medio y una respuesta de los sujetos. De acuerdo a Wilhelmi et al. (2006), estos fenómenos pueden ser de carácter epistémico, cognitivo, e instruccional. *Los fenómenos epistémicos* están relacionados con el saber (significados institucionales), *los cognitivos* son propios de los sujetos que participan en un determinado proceso de estudio (significados personales), y *los instruccionales* son los relativos al proceso de enseñanza en donde se propone caracterizar las diversas funciones del profesor y los estudiantes, así como los patrones de interacción de los mismos y sus consecuencias en términos del aprendizaje (interacción entre significados institucionales y personales). Se considera el análisis epistémico como un componente del análisis de la cognición individual y de la instrucción, lo que implica considerar los procesos de estudio como un complejo de estados de las dimensiones epistémica, cognitiva y didáctica (Godino, Contreras, & Font, 2006).

Según la teoría de las situaciones didácticas la identificación y descripción de fenómenos cognitivos, es fundamental para la descripción de los procesos de estudio, lo cual supone determinar las concepciones de los alumnos como re-acciones al medio antagonista, teniendo en cuenta las intervenciones críticas del profesor en particular como gestor de la *devolución*. En otras palabras, los fenómenos cognitivos pueden ser descritos únicamente como dimensión del sistema didáctico. Para limitar un poco más la descripción de algunos fenómenos que se manifiestan en este estudio, se retoma la idea de Rickenmann, Angulo y Soto (2012), quienes refieren los fenómenos didácticos desde el punto de vista de las tensiones del enseñar y el aprender, teniendo en cuenta relaciones de causalidad entre las acciones de los sujetos, es decir las estrategias de acción de los estudiantes o las intervenciones didácticas del profesor, miradas más desde las problemáticas de la profesión, y de los roles desempeñados en el aula.

Es aquí en donde resulta importante identificar estos fenómenos como un aspecto relevante dentro del ejercicio docente, en donde el profesor permanentemente por medio de las acciones de devolución-regulación, está detectando momentos que implican la toma de decisiones hacia: ¿Qué ocurrió?, ¿Cómo intervengo?, ¿Cómo diagnostico? etc. Este aspecto representa un paso intermedio en la enseñanza, y se reconoce como un elemento que

pareciera que existiera, pero en la práctica, muchos profesores pasan derecho por este. No obstante, una dinámica de trabajo interactiva en el aula y la experticia del profesor, permiten determinar donde hay un tema sobre el cual se tiene que gestionar, o una situación en la que se debe profundizar más. Por ejemplo al detectar una carencia conceptual en los estudiantes, el profesor debe hacer un trabajo extra implementando una nueva estrategia. Esta intervención revela aspectos *epistémicos* relativos a los componentes del contenido, pero también puntos críticos del proceso *instruccional*, en los cuales pueden haber lagunas o vacíos de significación que requieren procesos de negociación de significados (*cognitivo*). A la vez estas intervenciones pueden ser abordadas con aciertos y desaciertos desde la mirada externa de los investigadores, quienes se apoyan en entrevistas de autoconfrontación para entender ciertas actuaciones del profesor (qué hizo, por qué, qué no hizo y por qué) en un momento dado. Estos espacios de autoconfrontación han sido incluidos en cada uno de los episodios respectivos en los resultados y análisis.

A continuación se describen algunas generalidades sobre la forma cómo la profesora y los estudiantes actúan ante ciertas situaciones en la clase y sus implicaciones didácticas.

4.2.7.1 El manejo de las actividades en esta aula

El análisis de las sesiones de clase estudiadas muestra el manejo que la profesora hace de ciertas situaciones en el aula con las que sortea las tensiones del enseñar y el aprender. Por ejemplo se observa que en las diferentes temáticas trabajadas, la profesora no ve los errores de los estudiantes como un indicio de fracaso personal, simplemente cambia de estrategia, que permita desde otra óptica el paso de una concepción a otra. Lo dicho anteriormente se hace evidente en el momento en que a los estudiantes se les dificulta la comprensión del concepto de carga nuclear efectiva (Z^*), y la profesora implementa una nueva actividad que consiste en escribir la expresión formal en donde se hace uso de este valor (Z^*), para que los estudiantes interactúen con este concepto de forma diferente y lo incorporen a su saber (sesión 2, Ep.10). La estrategia fue efectiva para algunos estudiantes con los que la profesora interaccionó.

En otros momentos la profesora acepta la respuesta de un estudiante siempre y cuando la argumente, este es el caso del episodio en donde el estudiante hace el cálculo de las fuerzas

de repulsión y expresa que se están repitiendo repulsiones, por tanto él cree que está en un error (sesión 1, Ep.8), la profesora aquí da cierta autonomía al estudiante al aceptarle su respuesta siempre y cuando la justifique. Esta es una forma de proceder que puede ser válida en este tipo de escenarios, (universitarios) en donde se está preparando a los estudiantes para que sean críticos y construyan su propio saber. Se debe tener en cuenta que dentro de las actividades programadas en esta aula, está prevista de modo conjunto (profesora y estudiante) y en la modalidad de asesoría, la revisión final de las tareas.

También se evidencian momentos en los que dependiendo del proyecto didáctico de la clase, de los conocimientos en juego, y de la sinergia encontrada en los diálogos con ciertos alumnos, la profesora da información que induce a la respuesta de los estudiantes (efecto Topacio), en otros momentos termina dando la respuesta ella misma, como si asumiera que los estudiantes tienen en mente las mismas ideas y comprensiones que ella, bloqueando así la devolución. Pero en otros casos hace uso de la reticencia y deja la inquietud con expresiones como: *“vuelve y piensa”*, *“piensa en la imagen de esas interacciones”* o *“ya te aproximas a entender esto”* y no da la respuesta hasta lograr que sea un producto del estudiante o del colectivo (sesiones 1, 2, y 3). El tipo de escenario y nivel de enseñanza en esta aula, requiere acciones docentes que siembren expectativa frente a la comprensión de ciertos conceptos o fenómenos que simplemente dar la respuesta a modo de definición.

También se observa cómo la profesora realiza un trabajo insistente con ciertos aspectos teóricos del tema, es el caso de los momentos en donde repite constantemente a los estudiantes que el modelo en estudio (mecánico-cuántico) lo deben tener presente en todas las actividades a realizar, ya que para los alumnos no es así (sesiones 1, 2 y 3). Además se nota que en ocasiones, ciertas situaciones que plantea la profesora, los estudiantes no se las toman con la seriedad y el valor que ella les atribuye, por ello la autoridad y trabajo del profesor es vital en el aula para ir encaminando y guiando estas actitudes inconscientes de los estudiantes frente al saber.

Este es el caso de la clase en la que un estudiante trae al medio una definición de molécula encontrada en la literatura, en donde después de mucha insistencia de la profesora para que los estudiantes fueran selectivos con la información, y llegaran a un acuerdo sobre una definición acorde con el proyecto epistémico (significado institucional), uno de los

estudiantes contesta simplemente *“profe entonces borrón y cuenta nueva”* (sesión 2, Ep.15), lo que en el sentido literal podría ser, pero no siempre ocurre así en la mente de las personas. El manejo que hace la profesora de la situación es trabajar con los estudiantes el por qué la definición traída a clase no es una definición adecuada, para poder luego decir por qué borrón y cuenta nueva, y recalcar que esto no sucede de la noche a la mañana como lo expresa la profesora en la clase.

Los fenómenos mencionados hasta aquí tienen un carácter instruccional y a la vez epistémico, en cuanto se centran en identificar ciertos comportamientos de la profesora y los estudiantes con los distintos elementos del contenido, y sus consecuencias en términos de aprendizaje.

Encontramos otros momentos que implican fenómenos cognitivos en lo que respecta a la reacción de los estudiantes frente a las temáticas trabajadas en clase, en donde se evidencia una resistencia por parte de los alumnos a lo nuevo que se les está planteando. Es el caso del estudiante que dice que un valor de energía negativo es ilógico, (sesión 3, Ep.15), en este mismo episodio otra estudiante manifiesta que le van a tener que cambiar el chip para entender esto (el valor negativo de la energía). Con el primer estudiante, la profesora después de un diálogo un tanto ameno y jocoso, le dice que ya se aproximará a entender eso. Con respecto a la otra estudiante, la profesora le pide que escriba lo que acaba de decir (sobre cambiar el chip), con el fin de que haga conciencia de ello. Son momentos en los que la profesora sorteas las situaciones y espontáneamente las resuelve desde su experiencia docente, sin entrar en caos o tensión por los conflictos cognitivos de los estudiantes, ya que según ella, son aspectos de los temas que para algunos estudiantes requieren de cierto tiempo para su comprensión. Aquí como lo menciona (Godino et al., 2006), un fenómeno didáctico implica otros, en este caso el fenómeno cognitivo implica un fenómeno instruccional.

Con respecto al uso que hace la profesora de la simulación con el cable y de las analogías, a pesar de que estos dispositivos didácticos son facilitadores del aprendizaje de conceptos abstractos (Galagovsky, 1993; Glynn, 1990), y desde la perspectiva constructivista cabe considerar que el razonamiento analógico es la llave que permitiría el acceso a los procesos de aprendizaje, ya que todo nuevo conocimiento incluiría una búsqueda de aspectos similares entre lo que ya se conoce y lo nuevo, lo familiar y lo no familiar (Pittman, 1999); se encuentra que comúnmente son los profesores los que generan la analogía porque conocen el tema

desde la perspectiva científica y, al simplificarlo, pretenden transmitir sus propiedades relevantes a objetos o situaciones cercanas al sentido común, interpreta sus alcances, aplicaciones y limitaciones, y el grado de distancia entre el concepto científico propiamente dicho y su analogía. Pero sobre este aspecto se halla la limitante de que los estudiantes se queden en un plano epistemológico que no le corresponde, ya que se observa que los alumnos en sus explicaciones también recurren a las analogías o comparaciones (los saludos de las personas, el conjunto matemático etc.), para explicar situaciones con átomos. Es probable que traten de hacer lo mismo que la profesora, pero no tienen el bagaje y la experiencia para que sus comparaciones sean coherentes. Aquí se puede decir que hay una regularidad entre ambos comportamientos en la búsqueda de referentes experienciales.

Un último aspecto a mencionar como fenómeno en esta aula, son los momentos en que los cuestionamientos de los estudiantes alcanzan un nivel de riqueza pero también de complejidad por las interpretaciones que están haciendo de los contenidos. Es el caso de la sesión 4, Ep.2:15 en donde el estudiante le pregunta a la profesora: “*Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo*”. La profesora ya le había dado la explicación desde el modelo cuántico del átomo, a lo que el estudiante sobrepone en el Ep.2:9: “*¿Cuantitativamente sería eso y cualitativamente sería?*”. Aquí el estudiante pide una representación que haga lo abstracto tangible o por lo menos entendible para él, y sigue con la duda del electrón cayendo al núcleo. Uno de los propósitos del curso es que los estudiantes comprendan el comportamiento del átomo de modo cualitativo, pero se nota que esto genera ciertas disparidades en cuanto a los referentes conceptuales que los estudiantes se arman. Otro aspecto es que los estudiantes se hacen preguntas desde un referente en donde la situación que tratan de comprender, no tiene sentido desde los conocimientos que poseen en el momento, es decir todavía piensan desde la física mecánica y hasta que no hagan el cambio de paradigma (al cuántico), se les va a dificultar entender. Es complejo también para la profesora explicar el por qué la pregunta no tiene explicación en el otro referente.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Teoría de las Situaciones Didácticas y la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta, nos proporcionaron una visión general para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje partiendo de la postura de considerar el saber cómo “saber en acción” y en situación. Esta acción obedece a las relaciones con el conocimiento que establecen profesor y estudiantes en su interacción con los “contenidos de enseñanza”, y la manera como estos surgen y evolucionan en el medio didáctico. Para acercarnos a esta postura se organizaron los análisis a través de los tres ejes de reflexión que conciernen a los contenidos (procesos de mesogénesis), las posturas (procesos de topogénesis) y los tiempos en términos de contenidos co-construidos (procesos de cronogénesis), en el enseñar y aprender como un proceso conjunto y transaccional entre los actores de la clase. Estos procesos didácticos se conciben como conceptos sistémicos, es decir, se estudian teniendo en cuenta su interacción, y ayudan a describir y analizar desde un punto de vista particular, el estado de un sistema didáctico en un momento dado de su evolución (Sensevy, 2007b).

A continuación se resumen las principales conclusiones, partiendo de los objetivos específicos y continuando con los objetivos generales planteados en la presente investigación. Sobre los hallazgos que dan cuenta de estos objetivos, se describe con mayor detalle en el capítulo de resultados y análisis relativos tanto al desarrollo de las sesiones, como al desarrollo de la unidad temática a modo de visión general (capítulo IV). Al final de este apartado de conclusiones se presentan las contribuciones más relevantes del trabajo, indicando las limitaciones, aportes, implicaciones educativas y perspectivas futuras de esta investigación.

Objetivos

El objetivo general que ha impulsado esta investigación ha sido el interés en el análisis y comprensión del proceso de enseñanza aprendizaje desde la perspectiva de la dupla Devolución-Regulación, atendiendo a los roles que juegan profesora y estudiantes en la construcción conjunta de significados en las clases de química en educación superior. Estudiando además el potencial y las limitaciones de esta dinámica de trabajo en el aula.

Este interés ha sido delimitado y desglosado en los siguientes objetivos específicos que fueron descritos en el planteamiento del problema:

-Estudiar las modalidades de enriquecimiento topogenético de los estudiantes dentro de una clase que promueve la co-construcción discursiva.

-Estudiar los efectos en términos de construcción de conocimiento (conceptuales, actitudinales, procedimentales) en los estudiantes.

-Describir los fenómenos didácticos en una clase que promueva la co-construcción discursiva.

A lo largo del capítulo de resultados y análisis relativos a la unidad temática se ha dado respuesta a las preguntas que se derivan de estos objetivos.

Pasando a responder estos objetivos, primero se realiza una descripción general de la planeación y las actividades realizadas en esta aula de clase. Luego nos centramos en los procesos didácticos, (meso, crono y topogénesis) ya que estos procesos proporcionan evidencias del saber conceptual, procedimental y actitudinal, logrados por los estudiantes en la construcción de conocimiento en las sesiones de clase analizadas. Esta parte se complementa con las posturas de aprendizaje y tipos de actividad que develan apropiación y dominio de saberes por parte de los estudiantes. Después se da cuenta de los roles de los actores (profesora y estudiantes), centrándonos en el enriquecimiento topogenético logrado por los alumnos, pasando luego a describir el potencial y las limitaciones del trabajo realizado en esta aula. Para finalizar se resumen las conclusiones relativas a la construcción conjunta de significados, describiendo elementos encontrados en los diálogos de los participantes.

5.2 Conclusiones relativas a la construcción de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes.

5.2.1 Acerca de la planificación y puesta en marcha de la unidad temática

La unidad temática comienza con una evidente intención de poner a los estudiantes en una postura de manejar los fundamentos teóricos del modelo, con el tema denominado “Ideas de aproximación al modelo mecánico cuántico del átomo”. En esta clase, la profesora incluye una simulación con un cable como aspecto experiencial y los estudiantes tratan de entender

la demostración y acercarse al discurso de la docente. En la segunda sesión se trabajan los conceptos “Átomos, Moléculas, Carga Nuclear Efectiva e Interacciones Fundamentales”, en donde los estudiantes hacen uso de su memoria didáctica, por medio de un esquema de pregunta-respuesta que se repite a lo largo de la clase. En la tercera sesión, se trabaja un gráfico de “Diagrama de Energías de Orbitales Atómicos”, en donde los estudiantes intentan comprender la información y apropiarse del léxico relacionado con las transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno, con aciertos y desaciertos. En estas tres sesiones priman actividades de *recepción* de la información (en la lectura de los documentos de estudio, observación de la simulación que implementa la profesora) y actividades de aprendizaje que implican *interpretación* de la información por parte de los estudiantes (situaciones con átomos y moléculas, interpretación de gráficos, ejercicios para calcular interacciones de repulsión y atracción en un átomo etc.), también los estudiantes elaboran una representación del modelo mecánico-cuántico del átomo. La cuarta y quinta clase analizadas se centran en el “Sistema Láser He-Ne” como una situación de aplicación del modelo cuántico del átomo, usando un llavero láser y polvo de tiza, en una actividad de tipo práctica-demostrativa; en esta clase los estudiantes hacen el ejercicio de producir un discurso explicativo sobre el sistema, y a su vez ilustrarlo con símbolos químicos y esquemas. Aquí se generan situaciones de *producción* (esquemas, dibujos, ecuaciones) y *comunicación* de saberes por parte de los estudiantes, en donde intervienen otras temáticas del curso traídas a colación (sesión 4) y explicación y argumentación del funcionamiento del modelo (sistema láser) de la actividad de referencia de la clase (sesión 5). En estas dos últimas sesiones se observa igualmente un progreso en la complejidad del conocimiento construido en clase y la movilización del mismo.

A continuación se pasa a dar cuenta de los procesos didácticos (Sensevy 2007a), que a la vez permiten describir como se moviliza el saber por esta aula a partir de un formato de interacción/transacción, centrándonos específicamente en el medio, los roles y los tiempos en el enseñar y el aprender.

5.2.2 Avances a nivel mesogenético, cronogenético y topogenético en esta aula

Desde el punto de vista mesogenético, se plantea una progresión de las transformaciones del medio en donde los conocimientos se construyen desde los conceptos básicos del átomo, teniendo en cuenta los saberes previos de los estudiantes (sesión 1). Posteriormente se presenta una fundamentación teórica que integra la representación lingüística atómica, molecular y como interacción de núcleo (s) y electrones (sesión 2), para luego pasar a hablar de las transiciones electrónicas en el átomo (sesión 3). Finalmente esas nociones son reintegradas a la puesta en acción de situaciones químicas contextualizadas, donde intervienen diferentes dispositivos usados en el cotidiano (láser, luz de neón, chip de silicio, cajas registradoras etc.) (Sesiones 4 y 5). En las distintas sesiones de clase, se observa que los estudiantes tratan de adaptarse, modificando y transformando los diferentes tipos de medios relacionados con el tema y con el proyecto didáctico, algunos de ellos con más dificultades. De esta manera han articulado las dimensiones de las actividades hacia un funcionamiento cada vez más cercano a la práctica profesional en estudio “entender cualitativamente los fundamentos del modelo mecánico-cuántico del átomo, a partir de un sistema común de significados”.

Las dificultades que se evidencian en los estudiantes con algunos de los contenidos se debieron en gran medida a sus concepciones previas, anteponiéndose como obstáculo para el nuevo aprendizaje. Es el caso del uso de la representación del modelo de Bohr que hacen los estudiantes en sus esquemas, en lugar del modelo mecánico-cuántico del átomo; otras dificultades se centran en usar terminología de anteriores modelos con los que se les ha enseñado el átomo; trasladar conocimientos de matemáticas (factorial) y física (ondas) para dar solución a otro tipo de sistema (el comportamiento de los electrones en el átomo). Cuando se habla de Carga Nuclear Efectiva se dificulta el concepto de núcleo como unidad, lo mismo que comprender el valor negativo de la energía en las transiciones electrónicas y en el cálculo de las fuerzas de atracción núcleo electrón. En general se puede decir que los estudiantes desde un primer plano, piensan el comportamiento de los electrones y del átomo, desde la física clásica y no desde la perspectiva de la mecánica cuántica. Pero también se puede señalar que con las dinámicas de trabajo que la profesora implementa en el medio didáctico, los estudiantes van logrando construcciones que los acercan al saber de la práctica de referencia (saber profesional). Más adelante se profundiza en estos aspectos reflejados en los diálogos entre profesora y estudiantes (5.5).

Pasando a los procesos cronogénéticos, se puede decir que las estructuras organizativas y temporales del trabajo en esta aula, estuvo marcada por las diversas dinámicas que se dieron en las actividades de clase. Entran aquí los cambios de medio al pasar de una actividad a otra, de un contenido a otro o al finalizar la sesión de clase. Ya que la dinámica de trabajo se centra en actividades en parejas o equipos de estudiantes, la profesora atiende las inquietudes de los mismos y generalmente termina sus intervenciones cuando los estudiantes hacen sus propias deducciones. Se puede decir también que en ciertos momentos de la clase, estos intercambios no necesariamente implican un acuerdo o un aprendizaje evidente. Pero también se encuentran momentos con efectos cronogénéticos importantes de re-integración de saberes, evidenciado en un uso cada vez más cercano a la versión de los contenidos que se pretende que los estudiantes alcancen.

De acuerdo a la topogénesis, en esta propuesta se describe la distancia de los alumnos con el saber a lo largo de las sesiones de clases estudiadas. Al principio, el topos de los estudiantes se puede definir como “lejano” ya que se están familiarizando con ciertos aspectos del tema, y conocen algunos elementos pero no articulados todavía a un “texto del saber”. Se puede decir también que en las tres últimas sesiones de clase analizadas, los aportes tienen una carga teórica mayor, observándose un enriquecimiento topogénético del estudiante en cuanto al uso del lenguaje y las comprensiones que hacen de los contenidos. En ciertos momentos dan sus opiniones provocados por el cuestionamiento permanente de la profesora, pero en ocasiones participan con sus propios puntos de vista y formulan preguntas relacionadas con el tema y el área en general que evidencian apropiación y dominio de saberes, alcanzando cierta experticia y simetría en sus diálogos con la profesora.

5.3 Conclusiones relativas al enriquecimiento topogénético del estudiante en esta aula

En esta aula, se observa que los estudiantes responden a la dinámica de trabajo implementada, en donde algunos de ellos sobresalen y manifiestan características particulares como se ha descrito en los resultados y análisis. Por ejemplo algunos son más conceptuales, es decir se inclinan por la descripción de los conceptos haciendo uso de su memoria didáctica, otros relacionan saberes con lo cotidiano o situaciones conocidas, estudiantes que tienden a evocar la autoridad del texto, o buscar analogías para comparar con lo que se les está enseñando,

estudiantes fuertemente parados en el paradigma de la física clásica; están también los que más se cuestionan y sus preguntas van más allá de las temáticas del curso; generalmente son los que se acercan a un discurso metacognitivo y además se caracterizan por ser autodidactas.

Sobre este último aspecto y de acuerdo al estudio realizado en las cinco sesiones de clase, se encontró (como se muestra más específicamente en la Tabla 27), que a partir de la tercera sesión, algunos estudiantes muestran un enriquecimiento topogenético, evidenciado en la actitud crítica y reflexiva propias de un investigador y características del saber profesional enseñado en esta aula. Estos avances topogenéticos apuntan al:

Enriquecimiento epistémico: los estudiantes usan elementos conceptuales, léxico, símbolos y representaciones químicas en sus explicaciones. A la vez se observan elementos actitudinales, en cuanto a las disposiciones de los estudiantes y argumentaciones que dan indicio de aprendizaje de saberes en esta aula.

Enriquecimiento cognitivo: el estudiante tiene lagunas o vacíos de significación y por medio de sus preguntas se acerca al saber. También se dan momentos que evidencian conflicto cognitivo en donde el estudiante después de conocer y discutir sobre sus propias ideas, se inquieta por el saber y termina comprometido con las temáticas de la clase.

Enriquecimiento metacognitivo: evidenciado en la reflexión que hace el estudiante que apunta a la vez al proyecto epistémico de la clase (léxico y conceptual). Aquí entran las preguntas y aportes de los estudiantes que reflejan que se van haciendo más conscientes de su proceso de aprendizaje, e intentan comprender lo que los rodea y lo que se les está enseñando desde diferentes ópticas (una de ellas la cuántica).

Enriquecimiento hacia la disposición profesional: El estudiante se interesa por el trabajo de los científicos y quiere entender lo que hacen. Además es autónomo en su aprendizaje, liga saberes con materias futuras y se empieza a inquietar por ello.

Es importante mencionar aquí que el enriquecimiento topogenético de los estudiantes en esta aula, se logra mediante las funciones de regulación y de andamiaje que realiza la profesora para hacer emerger las ideas previas y preconcepciones de los estudiantes, para explicar y guiar el aprendizaje etc., (Tabla 23). Estas funciones de regulación y andamiaje apuntan hacia

la co-construcción de contenidos, estimulando a la vez en el estudiante su rol como investigador, como aprendiz, su rol crítico. Pero además se dan elementos que hacen parte de un andamiaje intelectual, en el sentido de predisposición para comprender nuevos fenómenos no cotidianos como los del mundo cuántico (cultura científica). De acuerdo a Delmastro (2008) los procesos de andamiaje en el aula facilitan el reconocimiento de necesidades, clarifican los objetivos de las actividades, despejan las dudas, aportan claves y herramientas para la ejecución de la tarea y orientan el desarrollo de habilidades cognitivas, metacognitivas y estratégicas que hacen posible el logro de aprendizajes más efectivos.

5.3.1 El rol de la profesora

La profesora en esta aula logra hacer más o menos disponibles las teorías y modelos que orientan la producción de argumentos científicos por parte de los estudiantes en el seno de las actividades. Para ello se apoya en su experiencia y sus conocimientos profesionales, que como lo expresa Sensevy (2007a) pudieron engendrar “una teoría del conocimiento” y una “epistemología práctica”. Siendo un aspecto interesante de estudio para una futura investigación.

La secuencia de las actividades propuestas en esta aula se centran en tres momentos esenciales: - Se explican los elementos teóricos de la situación, - Se formulan preguntas en torno al tema (del profesor al estudiante y viceversa), y - Se realiza un ejercicio de aplicación de los conceptos, generalmente en grupos de trabajo. En esta dinámica se crean contextos para lograr que el estudiante pregunte, exprese sus ideas, en algunos casos se reta, se incita a los estudiantes a que duden, de pronto parece que la profesora los regañara. Pero los estudiantes a lo largo del semestre se adaptan al modo de trabajo en la clase y lo ven como una regla de juego que hace parte del contrato. La creación de ese contexto es parte de cómo tiene lugar la dupla devolución regulación en esta aula, en donde el esfuerzo de la profesora se centra en que el lenguaje de los estudiantes contenido en las preguntas, las ideas, las explicaciones, corresponda a la lógica formal de la descripción científica de fenómenos. Es en esta lógica que la profesora reta al estudiante para crear un nuevo antagonismo con el medio, para que se inquiete, encuentre un problema en lo que se le plantea o en la explicación que está dando y tenga que buscar soluciones. Desde este punto de vista, los intercambios

entre profesora y estudiantes en el aula se enmarcan en un formato transaccional y didáctico en términos del medio.

5.4 Conclusiones relativas al potencial y las limitaciones de una clase que promueva la co-construcción discursiva

Para delimitar este propósito primero se inicia comentando el potencial de estas clases a partir del trabajo centrado en la dupla devolución regulación.

5.4.1 La dupla devolución regulación y las transacciones didácticas en esta aula

Este trabajo ha optado por la postura de explorar los gestos de devolución de los estudiantes en la clase y la consecuente regulación por parte del profesor, acciones que conciernen particularmente a la dimensión conjunta de las transacciones didácticas y que permiten entender cómo se da la co-construcción de conocimiento en el aula. Pero se ha encontrado que es complejo describir estas acciones como momentos puntuales, ya que es gracias a un conjunto de situaciones que relacionan: el saber en juego, los juegos de aprendizaje y sus reglas, los intercambios entre profesora y estudiantes, las ideas que se generan y se co-construyen en esos intercambios y la resultante del juego didáctico en términos de aprendizajes, las que nos dan indicios de cómo está ocurriendo el proceso de enseñanza aprendizaje en esta aula, como se muestra a continuación:

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

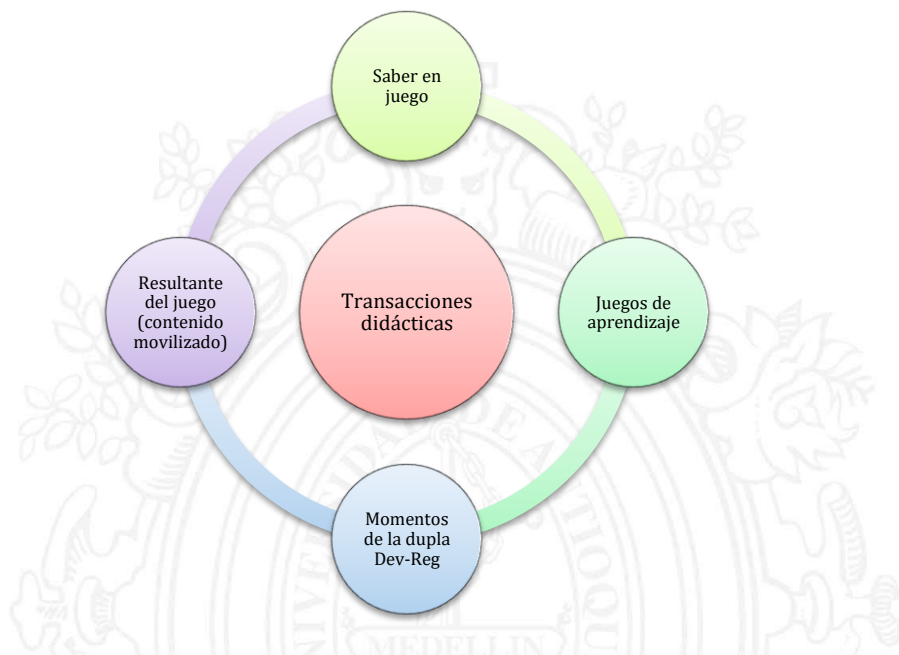


Figura 16. El sistema de descripción de las transacciones didácticas.

Este modelo permite identificar dentro de las transacciones didácticas, las posturas de los participantes del juego y cómo poco a poco se va logrando la co-construcción de un contexto cognitivo común que se acerca al saber en juego. Además permite detectar efectos didácticos en las acciones del profesor y los estudiantes que se van produciendo en el tiempo. Lo expuesto anteriormente deja ver el interés potencial de este estudio en centrar el foco de atención en los momentos de la *dupla devolución regulación*, para dar cuenta del proceso que implica la construcción de saber transaccional en esta aula.

Continuando con los resultados relativos a la dupla, se encontró que en un aula se dan distintas fases de regulación o planos de regulación en la dupla, las cuales dependen de la construcción de una relación comunicativa previa. Al estudiar las categorías de la acción docente, la *devolución - regulación* tendría una caracterización distinta dependiendo de la fase de interacción/transacción en la cual se encuentre el profesor con sus estudiantes, afectando también la definición y la institucionalización. Por ejemplo las primeras sesiones de clase implican un trabajo más expositivo, hasta preparar a los estudiantes para un aprendizaje más activo.

1 8 0 3

Al estudiante hay que orientarlo a un trabajo de creación de espacios que favorezcan las transacciones didácticas. Esa dinámica participativa destaca los deseos, intenciones y comportamientos de los participantes en el recorrido epistémico, relacionado con el uso que se hace del saber, y que es puesto de manifiesto por los estudiantes mediante el acto devolutivo. Esto implica por parte del profesor dinamizar los propósitos de la clase de tal manera que, aun teniendo unos objetivos establecidos, siga la orientación que ha adquirido el intercambio de ideas, y se deje conducir por el centro de interés manifestado por los estudiantes, ajustándose a las necesidades y las situaciones que surjan del constante cuestionamiento en la clase, así en algunos momentos las conversaciones se desvíen de la temática de estudio.

Es por ello que para lograr acciones de regulación efectiva con los estudiantes, el profesor debe tener cierta experticia tanto en los contenidos que enseña como en el manejo del aula, generando transformaciones que se traducen en herramientas didácticas que facilitan la transmisión y co-formación de un conocimiento para y con los estudiantes. Esto implica preocuparse por leer los gestos y posturas de los estudiantes, la relación entre el estudiante y la pregunta, el estudiante y el medio, el estudiante y el modelo, tratando a la vez de corregir o ajustar esa relación. Estas actuaciones del profesor pueden mejorar la dinámica y movilidad del conocimiento en el aula, comprendiendo así la respuesta de los estudiantes, falencias, logros o el fracaso ante ciertas actividades.

Con los aspectos planteados anteriormente, la idea no es que los profesores hagan devolución regulación todo el tiempo, pero el tema de la dupla podría ser una especie de aporte metodológico en la docencia universitaria; el profesor podría usarla en ciertos momentos de su acción docente, pero las características para ejercerlo cuáles serían? tendría que tener unos tiempos, unos conocimientos que le permitan cierta incertidumbre o estar a la deriva en la clase, reflexionar constantemente su docencia. Y más importante aún, trabajar por preparar al estudiantes actitudinalmente para que su participación sea más activa.

5.4.2 El andamiaje realizado en esta aula

En este momento de la tesis es válido aclarar que al tratar de elaborar las conclusiones y reflexionar detenidamente sobre el trabajo realizado en esta aula, se encontró que este se

enmarca además en un trabajo de andamiaje que realiza la profesora con los estudiantes a lo largo de las sesiones de clase analizadas, lo que nos llevó a incorporar elementos relativos a estos procesos de modo general en los análisis.

Con respecto al concepto de andamiaje se debe tener en cuenta que está relacionado con la noción de ZDP de Vygotski (1978) quien en su obra se refiere a la importancia de la mediación del profesor como parte integral de las actividades de acceso de los estudiantes a los contenidos escolares. De acuerdo con Bruner y colaboradores (1976), el andamiaje supone que el profesor mediante la evaluación de las intervenciones del estudiante en el proceso transaccional, ha de estar atento a los cambios que se producen en relación con la tarea, y modifica y/o retira sus ayudas o apoyos en función de los mismos. Bruner habla del andamiaje en el sentido arquitectónico del término, en donde se construye un andamio en el cual el estudiante se pueda subir para construir el edificio, y el profesor lo que hace es subir o bajar el andamio (sin entrar al edificio), ya que es el estudiante el que tiene que hacer la construcción por modo propio.

En este sentido el andamiaje es una ayuda que puede ser de diferentes tipos: una aclaración, una explicación, un ejemplo, un modelo, una demostración, una pregunta etc. Sobre estos aspectos se puede ejemplificar los momentos en los que la profesora en esta aula usa un cable con diferentes velocidades y movimientos en el plano, para explicar el orbital y la forma esférica del átomo. La profesora realiza una serie de preguntas como ¿Qué estamos viendo en este momento? ¿Qué más perciben ustedes cuando hago ese movimiento más rápido? ¿Qué espacio forma con los movimientos del cable? (sesión 1). Con este modelo la profesora logra mostrar la no percepción de un objeto que se mueve a altas velocidades, lo mismo que el espacio tridimensional de los orbitales en el átomo, hasta conseguir que los estudiantes visualicen la situación y lleguen a la respuesta esperada. Otros momentos en los que se observa andamiaje es el constante cuestionamiento que hace la profesora para que los estudiantes construyan colectivamente las definiciones de molécula mononuclear y polinuclear (sesión 2), haciendo contra-preguntas y validando la información. También brinda ayuda en las comprensiones que hacen los estudiantes de los gráficos de las transiciones electrónicas, aportando elementos para la interpretación de la información (sesión 3), entre otras. En general se puede decir que en todas las sesiones de clase, está

presente el apoyo que brinda la profesora a los estudiantes para acercarlos a construir su propio conocimiento (tabla 19).

Es importante resaltar aquí que dentro del marco conceptual en el cual se apoyó esta tesis (TSD y TADC), y como ya lo han descrito Rickenmann et al. (2012), el andamiaje está íntimamente ligado con las categorías de acciones didácticas (definición, devolución, regulación, institucionalización) que permiten al profesor establecer los parámetros de la relación entre los conocimientos y aplicaciones en función de las ayudas que él puede brindar, teniendo en cuenta el proyecto didáctico de la clase. Es en este punto donde se encuentran elementos de coincidencia, específicamente desde la dupla *devolución-regulación*, ya que el *andamiaje* implica una acción dialógica entre el profesor y el estudiante, considerándose el apoyo o guía del profesor como un elemento que favorece y conlleva a la *regulación* y a la consecuente *devolución* de los aprendizajes a los estudiantes.

Desde este punto de vista se puede explicitar la utilidad del concepto de andamiaje dentro del contexto de la TADC, ya que este aporta elementos que ayudan a especificar tanto la devolución como la regulación en los términos planteados por esta teoría. Es decir los momentos de devolución y de regulación no son acciones que se pueden detectar ni puntualizar fácilmente en un aula, pero si se observan elementos *progresivos* en los turnos de acción que implican procesos de andamiaje, los cuales actúan como puente o tránsito entre la devolución y la regulación. Aquí el andamiaje sería visto como un proceso complejo de construcción de conocimientos con niveles de aproximación y de responsabilidad de los estudiantes, que compromete acciones de regulación del docente en procura de conseguir acciones de devolución.

Sobre este último aspecto lo ideal es instalar andamiajes tanto como el estudiante lo requiera, pero se llega a un momento en donde el profesor tiene que deconstruir los andamiajes, cuando el estudiante adquiere consciencia y comprensión de cómo seguir. ¿Cuándo se retira el andamio?, ese es el punto que en nuestro caso coincide con los planteamientos de Bruner y que desde la TADC se denomina *devolución*, es decir cuando el estudiante ya no necesita el andamio, significa que es capaz de realizar la tarea con autonomía, existiendo una relación entre la devolución y la cláusula *motu proprio*. Se debe aclarar aquí, como se ha mencionado en los análisis y en este mismo apartado, que los términos de andamiaje y devolución

implican un proceso de negociación transaccional, y están imbricados en el proceso conjunto de co-construcción de conocimientos que necesita de la participación de los estudiantes; en consecuencia, la devolución debe contemplarse como un gesto que interviene durante la construcción de los aprendizajes.

Por ello el soporte empírico que se tiene sobre el trabajo que se realiza en estas clases tiene gran validez, al determinar cómo la profesora paulatinamente va perfilando la manera en que actúa, prueba estrategias, va construyendo ese andamiaje, el cuestionamiento del estudiante acerca de su conocimiento previo, la regulación misma del aprendizaje etc. Todos estos elementos la profesora los va andamiando en el tiempo, por medio de un esquema de negociación transaccional, en donde las acciones del profesor logran un ajuste y adaptación de las relaciones del estudiante con el medio didáctico.

5.4.2 Las limitaciones del trabajo en esta aula

Las limitaciones encontradas en el desarrollo de esta unidad temática se pueden relacionar con las tensiones del enseñar y el aprender, en particular cuando se estudian ciertas temáticas que pertenecen a realidades abstractas, siendo el caso del modelo mecánico-cuántico del átomo. Estas situaciones se encuentran más específicamente descritas en el apartado final de los resultados y análisis, cuando se habla de los fenómenos didácticos (4.2.6). De esta parte se retoman dos situaciones que representan dificultades de manejo de la unidad temática en esta aula.

Una limitación que se encuentra y mirada más desde lo didáctico, está relacionada con el uso que hace la profesora de la simulación con el cable y de las analogías como ejemplos diferenciadores del mundo cuántico y el mundo macro. A pesar de que en temas abstractos, como se ha comentado a lo largo de los análisis, se puede recurrir a este tipo de recursos y en ocasiones los mismos estudiantes los piden para lograr hacer sus comprensiones, encontramos la limitante de que los alumnos se queden en un plano epistemológico que no le corresponde. Esto se debe a que para los estudiantes la explicación mediante analogías sigue siendo compleja, porque le están diciendo lo que no es, ya que lo que es, es difícil de materializar con un ejemplo, precisamente por lo abstracto del modelo (Ej. *“Entonces lo que quiero decir es que el átomo no es una cajita para poner electrones, eso no es el átomo”* “El

orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio” “*En este salón, aquí hay un hueco, en este salón hay un espacio, hay una caja que espera que nosotros entremos para acomodarnos, pero el átomo no es así*”). Esto se hace más evidente en los momentos en que los estudiantes en sus explicaciones también recurren a las analogías (los saludos de las personas, el conjunto matemático etc.), o usan palabras desde lo concreto (el estado de energía infinito como un lugar, el electrón como partícula desplazándose en un espacio, el libro con las moléculas saltando etc.) tratando de explicar situaciones con átomos. Es probable que intenten hacer lo mismo que la profesora, pero no tienen el bagaje y la experiencia para que sus análogos sean justificados. Posiblemente hayan comprendido la analogía inicial pero no el contenido científico meta (Pittman, 1999). Aquí se puede decir que la intención de la profesora es didáctica, como ella misma lo expresa en una de las entrevistas, la del estudiante quizás es cognitiva, pero hay una regularidad entre ambos comportamientos en la búsqueda de referentes experienciales que termina siendo compleja.

El otro aspecto a mencionar aquí son los momentos en que los cuestionamientos de los estudiantes alcanzan un nivel de complejidad, debido a las interpretaciones que están haciendo de los contenidos. Ejemplo de ello es el estudiante que le pregunta a la profesora: “*Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo*”. La profesora le da la explicación desde el modelo cuántico del átomo, a lo que el estudiante sobrepone “*¿Cuantitativamente sería eso y cualitativamente sería?*”. Aquí el estudiante pide una representación que haga tangible lo abstracto o por lo menos más entendible para él. Uno de los propósitos del curso es que los estudiantes comprendan el comportamiento del átomo de modo cualitativo y no en el sentido de hacer de las matemáticas (que se trabaja en semestres posteriores), pero se nota que esto genera ciertas disparidades en cuanto a los referentes conceptuales que los estudiantes construyen, por las limitaciones (a nivel teórico, conceptual) para pensar cualitativamente el modelo de orbitales atómicos. Otro aspecto es que los estudiantes se hacen preguntas desde un referente en donde la situación que tratan de comprender, no tienen sentido desde las bases teóricas que poseen, es decir todavía piensan desde la física mecánica y hasta que no hagan el cambio de paradigma (al cuántico), se les va a dificultar entender. A pesar de que la profesora desde su saber y hacer siempre trata de resolver las dudas de los estudiantes, es complejo en ciertos momentos, ya que los alumnos recién se están acercando el bagaje teórico para comprender

los fenómenos relacionados con el estudio de la materia a escala cuántica, específicamente el comportamiento de átomos y moléculas que requiere un alto nivel de conceptualización.

5.5 Conclusiones relativas al rol de los estudiantes en los diálogos y la construcción conjunta de significados en esta aula

Intentar comprender los procesos de construcción de conocimiento en esta aula a partir de una interacción orientada hacia una gestión docente de la dupla devolución-regulación, implica centrar la atención en los procesos discursivos y comunicativos típicos del funcionamiento de la comunidad científica (Camargo, 2010), que se dan entre los participantes de la clase en el seno de la actividad. Este recurso permite describir el modo en que la profesora usa el discurso para enseñar unos contenidos y dibujar mediante el lenguaje (a través de modelos, simulaciones, analogías, gráficos, símbolos, etc.), lo que no puede ser percibido directamente. Con respecto a los estudiantes se puede describir cómo apelan a sus lógicas, presentan sus argumentos, utilizan las fuentes válidas de conocimiento e incluyen en el discurso sus preconcepciones. También se da cuenta de la necesidad de compartir un lenguaje común en la clase, llegar a acuerdos, construir versiones de conocimiento como un proceso de participación en un hacer colectivo etc. Es en esta dinámica de trabajo, en donde se favorece la co-construcción y negociación de significados y los cambios en la comprensión hacia la formación de nuevas ideas en los estudiantes, como se dará cuenta a continuación.

5.5.1 La participación de los estudiantes

Centrándonos en los estudiantes, se puede decir que el tiempo que estos tienen discursivamente es muy elevado, es así como en las clases siempre se reservan momentos para la interacción comunicativa entre profesora y estudiantes. La participación de los estudiantes pone de manifiesto su papel dinámico en la construcción de significados compartidos en esta aula, similar a lo reportado por Candela (1999b, 2006, 2013). Es así como en los resultados se ha encontrado que los estudiantes preguntan, demandan argumentos, hacen sus propios aportes y participan en la consecución de una versión consensuada de los contenidos.

Además se ha encontrado estudiantes que sobresalen en el aula por sus intervenciones en las que cuestionan, refutan, justifican, piden aclaraciones y hacen sus propios aportes con gran

riqueza conceptual, mostrando dominio de los contenidos del curso, como se ha dicho anteriormente. Estas conversaciones son consideradas valiosas y deseables en este estudio en cuanto a las contribuciones que aportan a nivel de los análisis, ya que brindan luces sobre las comprensiones que hacen los estudiantes y su participación activa en el proceso de construcción y negociación de significados.

5.5.2 La argumentación en el aula

La ciencia se argumenta desde un lenguaje formal científico, siendo un aspecto crucial en la enseñanza de las ciencias la capacidad de comprender y formular argumentos científicos. Lo que hace el profesor en el aula es llevar a los estudiantes a acceder al lenguaje formal a través del lenguaje discursivo, en donde se habla de conocimiento científico especializado, verdad científica que debe ser razonada como un resultado de la construcción de problemas explicativos. Todo ello implica en los estudiantes usar una lógica científica.

En la clase por ejemplo cuando la profesora propone una actividad, un problema, corrige, hace una pregunta, o da una explicación más porque el alumno no entendió, la explicación la basa en un conocimiento que ya está dado, ha sido científicamente elaborado y porque tiene un referente que es una descripción científica en un lenguaje formal. En esa misma lógica, la profesora por medio de las respuestas y reacciones de los estudiantes ante las diversas actividades de la clase, comprende las relaciones que están haciendo con el modelo formal que se está trabajando. Esta dinámica de aula compromete a los estudiantes a estructurar y argumentar sus comprensiones, en donde la profesora en la mayoría de los casos no solo les pide que den una respuesta, sino que la justifiquen, que razonen, que den un por qué.

Por citar algunos ejemplos, las ocasiones en que los estudiantes se refieren a los conocimientos de acuerdo a sus percepciones o preconceptos y la profesora les pide que expliciten lo dicho, usando preguntas como ¿Por qué dices eso? ¿A qué te refieres con...? ¿Qué significas con eso? o cuando se legitima la opinión de un estudiante por un compañero o por la mayoría de la clase, con preguntas como ¿Estás o están de acuerdo con...?. En estos momentos los estudiantes se ven comprometidos a justificar y argumentar sus respuestas desde la lógica formal científica del fenómeno estudiado. A continuación se muestra un fragmento de clase en donde los estudiantes deben decir si están de acuerdo con la

explicación y representación que hace en el tablero una de sus compañeras, sobre lo que ella entiende del funcionamiento del láser He-Ne (sesión 5, Ep.9).

(118) P: Sofía ¿estás de acuerdo con la interpretación que hizo Yuli?

(119) Sofía: Estoy de acuerdo pero dudo un poquito en lo último que dijo del fotón.

(120) P (01:16:45): ¿Qué estas dudando?

(121) Sofía: Yo creo que el fotón que se libera no excita a otros átomos, sino que esos fotones se empiezan a producir por el mismo proceso, empiezan es a rebotar en los espejos, y de esa manera entonces empiezan a generar más, para producir el rayo de luz en el uno por ciento que es el más estable, entonces yo no creo que los fotones exciten a otros átomos sino más bien que al liberarse el fotón queda rebotando. Entonces genera de pronto un poquito más de energía en todo el proceso que se está organizando, pero no lo suficiente para excitar otros átomos con su choque.

(128) P: Pablo tú ¿estás de acuerdo con eso o no estás de acuerdo?

(129) Pablo: Básicamente sí, porque cuando el electrón en el átomo de helio excitado choca con un átomo de neón y le transmite esa energía al átomo de neón, más no genera fotón; esa energía que él emite, implica que se excita el átomo de neón. Al excitar ese átomo de neón y bajar a un nivel más externo emite un fotón, ese fotón estimula a otro átomo de neón, eso implica transiciones en el átomo de neón y eso es una reacción en cadena.

Las preguntas que hace la profesora las usa además para controlar los significados que se van construyendo (Mercer & Edwards, 1987; Ortega & Luque, 1990) y controlar el ritmo del proceso de enseñanza aprendizaje (Lemke, 1990). Pero también mediante las preguntas en esta aula se consigue la participación de los estudiantes en un discurso colectivo, y se obtienen definiciones colectivas, diferenciando entre un concepto y otro y cambiando de ideas (sesiones 2 y 5).

5.5.3 Co-construcción de conocimiento en el aula

El aprendizaje en muchas ocasiones no es tanto una experiencia de construcción del conocimiento por la experiencia directa, sino más bien, un proceso de co-construcción social a través del lenguaje y en actividades conjuntas. En esta aula como ya se ha dicho, la

construcción del significado no se está dando solo por los conocimientos que se muestran explícitamente en los diálogos guiados por la profesora; también participan los estudiantes en el curso de los contenidos y en la lógica de los mismos, aportando al diálogo sus deducciones a partir de lo que se está diciendo, a partir de la comprensión que van alcanzando o de los recuerdos de información previa. Es así como estos contribuyen al texto del saber con sus versiones de lo que conocen, creen, imaginan o deducen y la profesora valida sus comprensiones, y en otros casos corrige y amplía el conocimiento.

Sin embargo, no es solo el discurso en forma de interacción en la clase lo que se organiza de manera co-constructiva. De acuerdo a Ignacio (2005), el profesor puede tratar de mantener a los alumnos centrados en la tarea, pero la creciente variedad de actividades de clase también incluye una renegociación constante de estos objetivos. En este estudio se observa que mediante el acto discursivo, la profesora identifica las relaciones de los estudiantes con el modelo, caso particular en algunos momentos de la clase, el uso que hacen los estudiantes del modelo planetario del átomo. Aunque se trata de un modelo científico, la profesora pretende que los estudiantes pasen de un modelo científico a otro modelo científico, el modelo mecánico-cuántico del átomo, que describe la realidad de otra manera y aporta nuevos datos necesarios para las comprensiones que se están haciendo en el aula.

A esto se debe que la profesora constantemente esté recordando a los estudiantes la importancia de usar adecuadamente los conceptos y representación del modelo en estudio, así para los estudiantes no sea del caso en ciertas actividades, volver a dibujar el átomo de acuerdo a este modelo (mecánico-cuántico) y prefieran usar otro (el planetario). De acuerdo a lo expresado por algunos estudiantes, el modelo de Bohr les resulta menos complejo de representar que el modelo mecánico-cuántico del átomo, pero también se debe tener en cuenta que muchos procesos cognitivos implican un cambio de concepciones, y mientras se logran nuevos aprendizajes, las concepciones anteriores son las que se utilizan y priman, no necesariamente por voluntad de hacerlo, sino que en el momento es el esquema o modelo que se tiene presente para interpretar los hechos.

La profesora también repite constantemente frases que son importantes de acuerdo al proyecto didáctico de la clase: *“El problema es de energías y de interacciones”, “si no hay interacción no hay átomo, porque mi problema es de interacción, y las interacciones son*

energía finalmente” “Es mejor repetir cien veces cambia, absorbe energía o libera energía, cambia la interacción con el núcleo. No puedo perder al núcleo...”. Estos comentarios orientadores son importantes en el desarrollo del tema, se deben tener presentes en las diversas actividades y con la repetición la profesora trata de hacer conscientes a los estudiantes de ellas.

5.5.4 La negociación de significados en esta aula

En esta aula se trabaja por el significado, las ideas de los alumnos se contrastan con una fuente científica válida y se trata de llegar a una visión acordada, compartida y entendida por la clase. Los términos se comprenden en la lógica del discurso en el que se producen, y el aprendizaje consiste en dar cuenta de este conocimiento en la conversación. Es así como en los diálogos de clase se van negociando los significados, continuamente se pregunta por las comprensiones de los estudiantes y se asegura la continuidad del diálogo como parte de la dinámica de las actividades realizadas. Además se puede constatar que en estas clases la profesora trabaja constantemente en verificar los vacíos conceptuales de los estudiantes, y las comprensiones que hacen de la información suministrada, por medio de las ideas que estos expresan y las preguntas que elaboran, convirtiéndose esta actividad en pieza clave para lograr intersubjetividad en esta aula.

En la construcción de significados los estudiantes apoyan sus aportes en la autoridad de los especialistas o en el conocimiento académico, generalmente refiriéndose a los textos o a internet. En este contexto encontramos dos situaciones, una en donde se sustentan las contribuciones y se valida la información presentada de acuerdo al texto. Y la otra en donde los estudiantes se encuentran con errores en la trasposición del saber en diferentes fuentes, y con la ayuda de la profesora se hace consciencia de ellos en la clase. Este es el caso de un estudiante que trae a al aula una definición de molécula que encontró en internet, y otro estudiante se inquieta por la definición del orbital como estantería en el átomo, explicado así en uno de los textos de estudio. Estos dos conceptos no concuerdan con los significados construidos en esta aula y los mismos estudiantes se dan cuenta de esto, es por ello que preguntan a la profesora quién representa la autoridad que valida y legítima el conocimiento. Estos momentos son importantes ya que los estudiantes aprenden a ser más selectivos y

rigurosos con la información suministrada por diferentes medios, aspectos importantes en el proceso de negociación y construcción de significados.

5.5.5 Las representaciones, modelos, simulaciones y analogías

La ciencia en la clase tiene rasgos de las prácticas científicas de referencia. Es una actividad discursiva, orientada al conocimiento compartido, de carácter público y situado en formas simbólicas compartidas: textos, dibujos, esquemas, diagramas, modelos etc. Los estudiantes al entrar en la lógica y en los significados del discurso, al participar de la argumentación que justifica esos contenidos científicos, aceptan el conocimiento científico. En estas clases es notorio que los estudiantes después de un trabajo insistente de la profesora, incorporan por ejemplo, el uso de la representación del modelo atómico en estudio, como una justificación para acceder al nuevo conocimiento.

Es así como la profesora construye discursivamente los contenidos, pero ocurre que determinadas temáticas hacen parte de realidades no tangibles para los estudiantes, ya que no tienen experiencia directa sobre estos. Es el caso particular de los temas trabajados en esta aula, que están basados en la estructura atómica. Para alcanzar los conocimientos se hace mediante el discurso y recurriendo a los saberes previos e imágenes mentales de experiencias pasadas de los estudiantes, a los modelos, la información que se conoce y se relaciona, a las simulaciones, analogías etc.

La profesora de este estudio usa la simulación como soporte visible para hablar de lo que no se puede acceder por la experiencia, es el caso del movimiento del electrón, la forma de los orbitales y la forma tridimensional del átomo. También usa las analogías como medios funcionales para entender hechos que no se pueden percibir a simple vista, pero en este caso la profesora en sus analogías, toma ejemplos cotidianos del aula (silla, morral, personas) haciendo traslado de contextos, en donde menciona la diferencia del mundo macro y el mundo cuántico. Esto trae a la vez unas implicaciones que se mencionaron anteriormente al hablar de los fenómenos didácticos y las limitaciones del trabajo en esta aula (4.2.7)

5.5.6 El lenguaje en la ciencia

Otro aspecto importante es que el aprendizaje de la ciencia implica aprender a hablar en el lenguaje propio de ésta. Los alumnos tienen que aprender a hacerse con los significados de los términos científicos, y aprender a usarlos según las formas aceptadas de hablar la ciencia (Lemke, 1997). Es por ello que la profesora constantemente está repitiendo “*se trata de significados, significados del átomo*”. Sabemos también que la mayoría de propuestas constructivistas sociales conciben el aprendizaje escolar como la socialización de los alumnos en formas discursivas, que son específicos de contextos situados cultural e históricamente. En Bruner (1988, 1998), Cubero et al. (2008), Edwards y Mercer (1988), Edwards (1990a), Wertsch (1988), se encuentra que el aprendizaje puede considerarse como un proceso de “socialización de nuevos modos de discurso” y adquisición de nuevas formas de comprender y explicar la realidad.

En el discurso de esta aula los estudiantes van aprendiendo a traducir los términos cotidianos en términos científicos, la profesora constantemente les pide que hablen con propiedad, con mayor precisión, que digan las cosas de forma mucho más específica. Teniendo en cuenta que en estas clases se está aprendiendo a hablar ciencia, se deben usar los símbolos y la terminología propia del área, que sirve para que todos entiendan lo mismo y así llegar a un conocimiento común compartido y acordado. Es así como los estudiantes van y vienen de un lenguaje menos preciso en el que incluyen términos cotidianos (sobre todo en las sesiones 1 y 3 de clase analizadas), a un lenguaje más elaborado (experto), que asegura uno de los objetivos del curso que consiste en lograr que los estudiantes adopten nuevas representaciones, nuevas palabras, nuevos símbolos (sesiones 2, 4 y 5). Se debe tener en cuenta además, que estos significados son una construcción que se hace en el día a día de la clase, a través de un trabajo constante entre profesora y estudiantes. En palabras de la profesora y según lo visto en las clases, se verifica que la mayoría de estudiantes: “*logran avanzar en la representación en sus diversos modelos, ya sea como dibujo, como símbolo, como palabra; como un gráfico, usan ecuaciones químicas*”. Lo fundamental en estas clases es aprender significados, leer significados, reconstruirlos y apropiarse de ellos.

5.5.7 Las aproximaciones conceptuales y las ideas alternativas de los estudiantes

La profesora guía los cambios de los conocimientos, argumentando en contra de las ideas que no tienen sentido, o que no siguen una lógica desde el razonamiento de los saberes abordados en la clase. También hace recapacitar a los estudiantes sobre lo que pensaban antes y lo que piensan después de las actividades de clase. Lo anterior se evidencia específicamente en las preguntas que hace la profesora al iniciar la primera sesión de clase analizada, en donde indaga en los estudiantes por lo que han *desaprendido* y aprendido sobre los conceptos de modelo atómico y configuración electrónica. Esta actividad ofrece oportunidad a los estudiantes de reflexionar sobre los cambios que van teniendo sus ideas, y a la vez, se genera inquietud por aquello que contradice o discrepa con sus concepciones previas.

En general en esta aula se observa que los estudiantes tienen dificultades con los valores negativos que toma la energía en el átomo (fuerzas de atracción), y en los niveles de energía, ya que se tiene la idea de que la energía siempre debe tomar valores positivos, desde el punto de vista de pasadas experiencias de aprendizaje. Caso particular es la estudiante que le dice a la profesora que le van a tener que cambiar el chip para entender esto (sesión 3), y en esa misma clase, otro estudiante le expresa a la profesora que un valor negativo de la energía en el átomo es ilógico.

Otra situación que se observa en este estudio es que los conceptos y nociones que los estudiantes tienen de la física clásica, interfieren o dificultan el aprendizaje del comportamiento del átomo de acuerdo al modelo mecánico-cuántico. Algunas situaciones que corroboran lo dicho anteriormente, son momentos de la clase en donde se piensa que el electrón en el átomo se desplaza como un objeto puntual, que el libro está en movimiento por estar formado de átomos, o tomar el infinito en el átomo con una visión desde lo macro, entre otras. En estos momentos de la clase se hace imprescindible la intervención de la profesora, quién orienta un diálogo en donde se explicitan los conocimientos o ideas, se cuestiona su validez, se contrasta con las teorías y nociones de la actividad científica, en un proceso discursivo colectivo y continuo de aproximaciones conceptuales al conocimiento científico.

Para finalizar este apartado se debe especificar que la importancia del enfoque centrado en los diálogos generados entre la profesora y los estudiantes tiene mayor sentido si se permite considerar y caracterizar desde una mirada transaccional. Estas transacciones didácticas implican complejas relaciones que giran en torno a cuestiones de conocimiento y que se tejen

en las prácticas del aula. Aquí se considera el uso del lenguaje estrechamente relacionado con la epistemología de las disciplinas a enseñar en el contexto de la actividad. Desde este punto de vista, se deja la visión meramente comunicativa de los intercambios entre profesora y estudiantes y se pasa a una visión más transaccional y didáctica.

5.6 Limitaciones, aportes, implicaciones educativas y perspectivas futuras de esta investigación

5.6.1 Limitaciones

Una de las limitaciones de lo presentado en esta investigación es que genera preguntas inevitables. Algunas de ellas podrían ser: ¿cómo sabemos si hubo aprendizaje? o ¿existe una relación entre el modo en que se ha organizado la actividad conjunta en esta aula y la efectividad del proceso enseñanza aprendizaje? Cabe decir que aunque no son preguntas que se desprenden de los objetivos de este estudio, se puede dar respuesta a ellas. Una forma podría ser que además del discurso, estudiar las producciones de los estudiantes (tareas escritas, quices, parciales), desde el principio hasta el final del semestre, o incluso hacer el seguimiento de varios semestres consecutivos con los mismos estudiantes, en diferentes cursos relacionados con el área (química) a lo largo de la carrera. Esto nos daría información que nos permitiese saber hasta qué punto se ha dado un cambio en el conocimiento en los estudiantes en esta aula y su continuidad. Cabe aclarar en el anexo 7 se incluyen algunas de las producciones de los estudiantes realizadas en el desarrollo de la unidad temática, en donde se da cuenta del progreso del saber en esta aula.

Para responder a estas mismas preguntas desde los resultados de esta investigación, se puede argumentar que aunque no se cuenta con medidas concretas que avalen el aprendizaje de los estudiantes, sí se dispone de información a favor de la manera como se trabaja en esta aula. Las evidencias de los intercambios discursivos generados en la misma, dan cuenta de que se promueve y favorece el aprendizaje en los estudiantes, ya que como lo expresa Ignacio (2005), comprender significa poder responder en el contexto de las conversaciones de clase, en la lógica científica por medio de un lenguaje discursivo especializado. Además, como se ha venido argumentando en esta investigación, se puede considerar el aprendizaje como un proceso de “socialización de nuevos modos de discurso”, ya que aprender los conocimientos

de cada materia, es aprender a emplear los modos de discurso apropiados para dicha disciplina (Cubero et al., 2008; Edwards & Mercer, 1988; Edwards, 1990a; Wertsch 1988).

Otro aspecto a tener en cuenta aquí, es que se ha seleccionado el caso que nos permitiera aprender al máximo posible sobre el objeto de investigación. Tanto lo observado en el contexto natural del aula, como las concepciones acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje que se extrae de las respuestas de la profesora en las entrevistas, dan cuenta de su compromiso e interés por el aprendizaje de sus estudiantes, que garantizan, al menos en parte, la efectividad de su docencia.

5.6.2 Aportes

En este estudio se han descrito las actividades y formas de organización de la clase bajo el lente de la TSD y TADC, como instrumento para pensar profundamente en el rol y las funciones del profesor y estudiantes en un esquema participativo colectivo de las acciones del enseñar con devolución-regulación. A partir de esta identificación se logran determinar cambios que se pueden generar en las prácticas educativas, para mejorar los proyectos de educación superior, aportando un análisis de la eficacia de determinadas estrategias de trabajo en el aula.

Es por ello que sería conveniente seguir investigando en esta línea y profundizar tanto en las formas en que se organiza la actividad conjunta en las aulas universitarias, como en los recursos de los que se valen los hablantes en el proceso de construcción de significados compartidos. Estos estudios también son una buena vía para que los profesores se vean reflejados y puedan distinguir aquellos aspectos de su práctica que son más adecuados para propiciar cierto tipo de reflexión y construcción del conocimiento de los estudiantes.

5.6.3 Implicaciones educativas

Lo anterior nos lleva a pensar en que la docencia universitaria implica que los profesores no solo deben ser conocedores del área en la cual se desempeñan, sino que necesitan también aptitudes pedagógicas y didácticas. Es por ello que en los últimos años se han generado en nuestro contexto (región y país), varios movimientos hacia programas de formación de

profesores universitarios más allá de su especialización científica. Con este reconocimiento de la necesidad de formación pedagógica en la universidad, este trabajo tiene para aportar a dicha formación de los profesores universitarios específicamente de las áreas de ciencias. Así se puede mostrar estrategias concretas de intervención en la docencia, uso de diversos dispositivos y patrones de actividad, que suponen ejemplos de cómo es posible llevar a cabo la misma. En este sentido, no solo se puede favorecer que los profesores universitarios sean conscientes de los recursos que usan en sus clases, sino que también, adquieran otros nuevos que mejoren el proceso de co-construcción con sus estudiantes. Con ello, tener en cuenta en las clases la participación activa de los estudiantes, como una disposición en la enseñanza que se puede implementar. Este tipo de acción conjunta implica que se debe trabajar sobre las concepciones de los estudiantes, tener en cuenta sus aportes acerca del conocimiento de la disciplina en estudio, en donde el profesor es pieza clave como guía y ayuda en el aprendizaje del estudiante.

Por otro lado, trabajos como este también pueden aportar a la elaboración de instrumentos de evaluación de la calidad de la docencia universitaria y básica secundaria. Con respecto a esta última en nuestro contexto encontramos que El Ministerio de Educación y la Federación Colombiana de Educadores (FECODE) ha puesto en marcha el nuevo modelo de evaluación docente, que deberá ser presentada por todos los profesores oficiales cobijados por el nuevo estatuto docente (decreto 1278), y ello hace necesario evaluar la calidad de las mismas. La nueva Evaluación Diagnóstica Formativa se divide en cuatro componentes, el primero de ellos, y el que más nos interesa, tiene un peso del 80 por ciento, constando de un video de la clase del profesor, que será evaluado por otros educadores certificados y capacitados por el ICFES; este componente permitirá analizar las prácticas docentes en el aula teniendo en cuenta cuatro aspectos:

Contexto: considera la realidad socioeconómica de los niños y la capacidad que tiene el docente para adaptarse, superar las limitaciones y hacer el mejor uso de los recursos que se tengan para la enseñanza.

Planeación y reflexión: se analiza la capacidad que tiene el docente para planear una clase y para reflexionar sobre el desarrollo de esta, flexibilizando sus prácticas para asegurar el aprendizaje de los niños.

Praxis: evalúa el desarrollo de la clase, la apropiación que tiene el docente del tema que está enseñando y su capacidad de ser didáctico para que los niños *aprendan y participen*.

Ambiente de aula: se observa la relación profesor estudiante, así como la capacidad del docente para mantener un ambiente que favorezca el aprendizaje independientemente del contexto.

El trabajo de recolección, transcripción y análisis de los videos de las clases grabadas que se realizó en esta investigación, permitió conocer una serie de elementos sobre la enseñanza de las ciencias, que aportan pautas para el proceso evaluativo en el que participarán los docentes de los colegios del país. Por ello, pensamos que seguir analizando las buenas prácticas educativas que se dan en el ámbito, puede ayudar a la elaboración de instrumentos para evaluar la calidad de la docencia.

5.6.4 Perspectivas futuras

En este trabajo se encontró la importancia de estudiar más detenidamente los procesos de andamiaje que se llevan a cabo entre profesora y estudiantes en esta aula, ya que somos conscientes de que se pueden especificar los hallazgos con mayor detalle, sobre todo a nivel de elementos de andamiaje más particulares en los análisis de los turnos de acción entre profesora y estudiantes; pero en el momento no hace parte de los objetivos de la investigación y se sugiere para una investigación futura.

Otro aspecto puesto en evidencia en esta investigación, es la importancia de estudiar las determinaciones de la acción del profesor, lo que implica atender ciertos elementos que hacen parte de la epistemología práctica del profesor, que de acuerdo a Marlot (2008) son cristalizados en los discursos sostenidos en las prácticas discursivas en situación en la clase. La cuestión que se propone es determinar desde una óptica pragmática, cómo y con qué fines el profesor produce sus discursos, lo que implica elucidar el conjunto de sus estrategias didácticas, desde el punto de vista del análisis del discurso y del análisis didáctico.

Además en este estudio se encuentra variedad de recursos identificados en el discurso de los estudiantes en las interacciones que se generaban entre sí, en donde no intervenía la profesora. Estos discursos pueden suministrar formas de co-construcción de conocimiento

como los que se atribuyen al trabajo conjunto con el profesor. Consideramos que en el diálogo entre iguales se deben encontrar también elementos interesantes de caracterizar (Cazden, 1991). Estas son vías abiertas para posibles investigaciones.

Finalmente, seguir avanzando en esta línea de investigación también aportaría nuevos elementos teórico-prácticos para el análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel de la TSD, TADC y el discurso en el aula, así como para un marco teórico de los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel superior. Por un lado, se hace necesario un marco conceptual dentro del cual explicar y definir algunos de los aspectos claves que se han venido desarrollando en torno al proceso de enseñanza y aprendizaje y adaptarlos a las aulas universitarias dado que, frecuentemente, temas como procesos de andamiaje, co-construcción y negociación conjunta de significados, concepciones alternativas, lenguaje y modos de discurso de la ciencia, han sido estudiados en su mayoría en niveles educativos precedentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, J. (1999). Wittgenstein, la definición Ostensiva y los límites del lenguaje. *Teorema*, 18(2), 5–17.
- Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias. Tesis de maestría*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Allal, L. (2000). Regulación metacognitiva de la escritura en el aula. In A. Camps & M. Miliam (Eds.), *Papel de la actividad metalingüística en el aprendizaje* (pp. 145–166). Madrid: Homo Sapiens.
- Alzate, M. (2007). *Campo conceptual composición/estructura en química: tendencias cognitivas etapas y ayudas cognitivas*. Universidad de Antioquia.
- Amigues, R., Faita, D., & Saujat, F. (2004). L’autoconfrontation croisée : une méthode pour analyser l’activité enseignante et susciter le développement de l’expérience professionnelle. *Bulletin de Psychologie*, 57(469), 41–45.
- Andreu, M., García, M., & Mollar, M. (2005). La simulación y juego en la enseñanza-aprendizaje de la lengua extranjera. *Cuadrenos Cervantes*, 11(55), 34–38.
- Anijovich, R., & Mora, S. (2010). *Estrategias de enseñanza. Otra mirada al quehacer en el aula*. Buenos Aires: Aique.
- Antaki, C. (2005). Producing a “cognition.” *Discourse Studies*, 8(9-15).
- Astolfi, J.-P. (2002). Les Nouveaux « Mots De L ’ Apprendre » Le métier d ’ enseignant entre deux figures professionnelles.
- Atkinson, J., & Heritage, J. (1984). *Structures of social action: studies in conversation analysis*. (J. Atkinson & J. Heritage, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Austin, J. . (1970). *Quand dire c’est faire*. Paris: Seuil.
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Nueva York: Grune and Stratton.
- Azevedo, R., Cromley, J., Winters, F., Moos, D., & Greene, J. (2005). Adaptive human scaffolding facilitates adolescents’ self-regulated learning with hypermedia. *Instructional Science*, 33, 381–412.
- Bakhtin, M. (1986). *Speech genres and other late essays*. (C. Emerson & M. Holquist, Eds.). Austin: Universitas. Editorial Científica Universitaria.
- Bakhtin, M. (1995). *Estética de la creación verbal*. México: Siglo XXI.
- Barnes, D. (1976). *From communication to curriculum*. Londres: Penguin.

- Barton, K., & McCully, A. (2010). You Can Form Your Own Point of View»: Internally Persuasive Discourse in Northern Ireland Students' Encounters With History. *Teachers College Record*, 112(1), 142–181.
- Bellack, A. (1966). *The language of the classroom*. Nueva York: Teachers College, Columbia University. (Citado por Titone, 1981) .
- Bottofr, J. (2003). El uso de las grabaciones de video en la investigación cualitativa. En Morse, J. (Eds.). In *Asuntos críticos en los métodos de investigación cualitativa* (pp. 284–304). 1ra ed. en español. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Paris: Minuit.
- Bourdieu, P. (1997). *Méditations pascaliennes*. Paris: Seuil.
- Bronckart, J. (2008). Actividad lingüística y construcción de conocimientos. *Lectura Y Vida*, 29, 2, 6–18.
- Brousseau, G. (1986). *Fundamentos y métodos de la Didáctica de la Matemática*. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Matemática Astronomía y Física, Serie B, Trabajos de Matemática, No. 19 (versión castellana 1993).
- Brousseau, G. (1990). ¿Qué pueden adoptar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las Matemáticas? (Primera parte). *Enseñanza de Las Ciencias*, 8 (3), 259–267.
- Brousseau, G. (1991). ¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las Matemáticas? (Segunda parte). *Enseñanza de Las Ciencias*, 9 (1), 10–21.
- Brousseau, G. (1995). Glossaire de didactique des mathématiques, en Thèmes mathématiques pour la préparation du concours CRPE, Copirelem, IREM d'Aquitaine & LADIST.
- Brousseau, G. (1996). *L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. Actes de la 8e école d'été de didactique des mathématiques*. IREM, Clermont-Ferrand.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des Situations Didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Brousseau, G. (2007). *Introducción al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Bruner, J. (1987). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1988). *Realidad mental y mundos posibles: los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Barcelona: Gedisa.
- Bruner, J. (1996). *The culture of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1998). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza.

- Bruner, J. (2001). Self-making and world-making. In *Narrative and identity: Studies in autobiography, self and culture* (pp. 25–37). Amsterdam: John Benjamins.
- Bruner, J. (2009). *Realidad mental y mundos posibles: los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. España: Gedisa.
- Camargo, A. (2010). *Dimensiones interactiva, discursiva y didáctica del estilo de enseñanza*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Camps, A. (2000). *La evaluación del aprendizaje de la composición escrita en situación escolar*. Barcelona: CIDE.
- Candela, A. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Infancia Y Aprendizaje*, 55, 13–28.
- Candela, A. (1997). The discursive construction of argumentative context in science classes. In C. Coll & D. Edwards (Eds.), *Teaching, learning and classroomdiscursive: Approaches to the study* (pp. 89–106). Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje.
- Candela, A. (1998). El discurso argumentativo de la ciencia en el aula. In *Memorias del Encuentro sobre teoría e pesquisa em ensino de ciencia*.
- Candela, A. (1999a). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós Educación.
- Candela, A. (1999b). Prácticas discursivas en el aula y calidad educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 4(273-298).
- Candela, A. (2000). Co-construcción de conocimiento en contextos escolares. In *III Conference For Sociocultural Research*. Sau Paulo, Brasil.
- Candela, A. (2001). Modos de representación y discurso en el aula. *Investigación En La Escuela*, 45, 45–56.
- Candela, A. (2005). Students participation as Co-authoring of School Institutional Practices. *Culture and Psychology*, 11(3), 321–337.
- Candela, A. (2006). Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: Un estudio etnográfico en la aulas de primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 797–820.
- Candela, A. (2013). La construcción discursiva del conocimiento científico en el aula. *Educación Y Educadores*, 16(1), 41–65.
- Castañeda, D. (2010). Aproximación al concepto de devolución en didácticas comparadas. In *CiDd: II Congreso Internacional de Didáctiques*.
- Castellá, J., Comelles, S., Cros, A., & Vilá, M. (2006). “Yo te respeto, tu me respetas”. Estrategias discursivas e imagen social en la relación comunicativa en el aula. *Infancia Y Aprendizaje*, 29(1), 31–49.

- Cazden, C. (1988). *Classroom Discourse. The language of teaching*. Portsmouth: Heineman Educational Books. Trad. cast. (1991). *El Discurso En El Aula. El Lenguaje de La Enseñanza Y El Aprendizaje*, . Barcelona: Paidós.
- Cazden, C. (1991). *El discurso del aula. El lenguaje de la enseñanza y del aprendizaje*. Barcelona: Paidós.
- Charlot, B. (1997). *Rapport au savoir: Éléments pour une théorie*. Paris: Anthropos.
- Chevallard, Y. (1982). *La Transposición Didactique, del conocimiento erudito al conocimiento enseñado*. La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica. Del Saber Sabio al Saber Enseñado*. Argentina: AIQUE. (Trabajo original publicado en 1991).
- Chiu, M. H., Chou, C. C., & Liu, C. J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mentalmodels of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 688–712.
- Cinto, M., & Rosseto, M. (2007). *Lo dicho y lo hecho. El discurso de las ciencias naturales en el contexto comunicacional del aula*. Argentina: IV Congreso Nacional y II Internacional en Investigación Educativa. Universidad de Camahue.
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris: PUF.
- Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge: Harvard University Press.
- Coll I., C. & S. (1990). La interacción profesor-alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje. En C, Coll, J, Palacios y A, Marchesi (comp.). *Desarrollo Psicológico Y Educación, Psicología de La Educación*, 2.
- Coll, C. (1983). La construcción de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza aprendizaje. In C. Coll (Ed.), *Psicología genética y aprendizajes escolares* (pp. 15–42). Madrid: Siglo XXI.
- Coll, C. (1985). Acción, interacción y construcción del conocimiento en situaciones educativas. *Anuario de Psicología*, 33, 59–70.
- Coll, C. (1996). Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo, ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica. *Anuario de Psicología*, 69(153-178).
- Coll, C., & Onrubia, J. (1995). El análisis del dsicurso y la construcción conjunta de sisnificados. *Signos, Teoría Y Práctica de La Educación*, 14, 4–19.
- Coll, C., & Onrubia, J. (2001). Estrategias discursivas y recursos semióticos en la construcción de significados compartidos entre profesores y alumnos. *Investigación En La Escuela*, 45, 7–19.

- Coll, C., Onrubia, J., & Mauri, T. (2008). Ayudar a aprender en contextos educativos: el ejercicio de la influencia educativa y el análisis de la enseñanza. *Revista de Educación*, 346, 33–70.
- Coll, C., & Sánchez, E. (2008). El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. *Revista de Educación*, 346, 15–32.
- Correa, N., Cubero, R., & García, J. (1994). Construcción y desarrollo de nociones sobre el medio ambiente. In M. Rodrigo (Ed.), *Contexto y desarrollo social* (pp. 385–417). Madrid: Síntesis.
- Cros, A. (1995). El discurso académico como discurso arguemntativo. *Cultura, Lenguaje Y Educación*, 26(95-106).
- Cros, A. (1996). La clase magistral. Aspectos discursivos y utilidad didáctica. *Signos, Teoría Y Práctica de La Educación*, 17, 22–29.
- Cros, A. (2000). El discurso docente: entre la proximidad y la distancia. *Cultura Y Educación*, 1, 55–76.
- Cros, A. (2002). Elementos par ael análisis del dscurso en las clases. *Cultura Y Educación*, 1, 81–97.
- Cros, A. (2003a). *Convencer en clase. Arguemntación y discurso docente*. Barcelona: Ariel Lingüística.
- Cros, A. (2003b). Estrategias retóricas del profesor universitario. In C. Monereo & J. Pozo (Eds.), *La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía* (pp. 155–171). Madrid: Síntesis.
- Cubero, M. (1999). *Psicología cultural*. Universidad de Sevilla.
- Cubero, M., García, J., Cubero, R., De la Mata, M., Santamaría, A., Prados, M., & Bascón, M. (2004). La construcción del conocimiento psicológico: un estudio de la interacción y le discurso en las aulas universitarias. Las fuentes de validación del conocimiento científico. In *Paper presentado en la Reunión Científica Internacional sobre Etnografía y Educación*. Talavera de la Reina, Toledo, España.
- Cubero, R. (1989). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Diada.
- Cubero, R. (1996). *Concepciones de los alumnos y cambio conceptual. Un estudio longitudinal sobre el conocimiento del proceso digestivo en educación primaria*. Universidad de Sevilla.
- Cubero, R. (2005). *Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona: GRAÓ.
- Cubero, R., Cubero, M., De la Mata, M., Santamaría, A., Prados, M., & Barragán, A. (2004). Knowledge construction and educational discourse. In *Paper presentado en la 18th Bienal meeting of the International Society for the Study of Behavioural development*

(ISSBD),. Gante, Bélgica.

- Cubero, R., Cubero, M., De la Mata, M., Santamaría, A., Prados, M., Barragán, A., ... Bascón, M. (2004). La construcción del conocimiento psicológico: Un estudio de la interacción y el discurso en las aulas universitarias. La creación y le mantenimiento de la intersubjetividad. In *Paper presentado en la Reunión Científica Internacional sobre Etnografía y Educación*. Talavera de la Reina, Toledo, España.
- Cubero, R., Cubero, M., Santamaría, A., De la Mata, M., & Prados, M. (2008). La educación a través de su discurso. Prácticas educativas y construcción discursiva del conocimiento en el aula. *Revista de Educación*, 346, 71–104.
- Cubero, R., De la Mata, M., Cubero, M., Santamaría, A., Ignacio, M., Prados, M., & Ramírez, J. (2002). Construction of knowledge on psychology in university classrooms. In *Paper presentado en el V Congress of the International Society for Cultural Research and Activity Theory*. Amsterdam.
- Cubero, R., De la Mata, M., Santamaría, A., Prados, M., García, J., & Barragán, A. (2003). Knowledge Construction on Psychology in University Classrooms. In *Paper presentado en la International Workshop on Cultural-Historical Traditions*. Sevilla.
- Cubero, R., & Ignacio, M. (2011). Accounts in the Classroom: Discourse and the Coconstruction of Meaning. *Journal of Constructivist Psychol*, 24(3), 234–267.
- Cubero, R., & Sánchez, J. (2002). Práctica social y modos de hablar y pensar. *Infancia Y Aprendizaje*, 25(1), 101–117.
- De Longhi Ferreyra, A., Campaner, G., Iturralde, C., Cortez, M. & Bermudez, G., A. L. (2003). La interacción discursiva y el proceso de enseñanza en ciencias experimentales. *Revista Diálogos Pedagógicos*, 1 (2), 56–59.
- De Longhi, A. L. (2000). El Discurso Del Profesor Y Del Alumno: Análisis Didáctico En Clases De Ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(2), 201–206.
- De Longhi, A. L., Ferreyra, A., Peme, C., Bermudez, G. M. A., Quse, L., Martínez, S., ... Campaner, G. (2012). La interacción comunicativa en las clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 9 (2), 178–195.
- Delmastro, A. (2008). El andamiaje docente en el desarrollo de la lectura y la escritura en lengua extranjera. *Paradigama*, 19(1), 197–230.
- Delval, J. (1983). *Crecer y pensar. La construcción del conocimiento en la escuela*. Barcelona: Laia.
- Delval, J. (1997). Hoy todos son constructivistas [Today everyone is constructivist]. *Cuadernos de Pedagogía*, 257(78-84).
- Doise, W., Mugny, G., & Perret-Clermont, A. (1975). Social interaction and the development of cognitive operations. *European Journal of Social Psychology*, 5, 367–

- Doyle, W. (1977). Learning the classroom environment: an ecological analysis. *Journal of Teacher Education*, 28 (6), 51–55.
- Driver, R. (1986). Psicología cognitiva y esquemas conceptuales en los alumnos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 4(1), 3–15.
- Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Argumentation and Discourse Processes in Science Education. *Studies in Science Education*, 38, 39–72.
- Edwards, D. (1990a). Discourse and the development of understanding in the classroom. In O. Boyd-Barrett & E. Scanlon (Eds.), *Computers and Learning* (pp. 186–204). Wokingham: Addison-Wesley.
- Edwards, D. (1990b). El papel del profesor en la construcción social del conocimiento. *Investigación En La Escuela*, 10, 33–50.
- Edwards, D. (1996). Hacia una psicología discursiva de la educación en el aula. Madrid, Spain: Fundaci´on Infancia y Aprendizaje. In C. Coll & D. Edwards (Eds.), *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula: Aproximaciones al estudio del discurso educacional* (pp. 35–52). Madrid: Fundaci3n Infancia y Aprendizaje.
- Edwards, D. (1997). *Discourse and cognition*. London,UK: Sage. London,UK: Sage.
- Edwards, D. (2006). Discourse, cognition and social practices: the Rich surface of language and social interaction. *Discourse Studies*, 8(1), 41–49.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1988). *Common knowledge. The development of understanding in the classroom*. (Paid3s, Ed.) *Language, communication and education*. Barcelona.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1989). Reconstructing Context: the conventionalization of classroom knowledge. *Discourse Processes*, 12, 91–104.
- Edwards, D., & Middleton, D. (1986). Joint remembering: Constructing an account of shared experience through conversational discourse. *Discourse Processes*, 9, 423–459.
- Edwards, D., & Potter, J. (1992). *Discursive psychology*. London: Sage.
- Elsa, N. . (2006). Taller Teoría del color.
- Erickson, F. (1980). Childrens view points of heat: A second look. *Science Education*, 64(3), 323–336.
- Fairstein, G. (2014). Preguntas de los alumnos y construcci3n del conocimiento en clase. *Espacios En Blanco. Serie Indagaciones*, 24(2), 195–224.
- Fischler, H., & LichtfedtI, M. (1992). Modern Physics and Students’ Conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 181–190.
- Foucault, M. (1966). *El nacimiento de la clínica: una arqueología de la mirada médica*.

Madrid: Siglo XXI.

- Franklin, S. (1997). Interacción y discurso. *Onomazain*, 2, 371–386.
- Fregona, D., & Orús, P. (2011). *La noción de medio en la teoría de las situaciones didácticas. Una herramienta para analizar decisiones en las clases de matemática* (1st ed.). Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Friedberg, E. (1997). *Le pouvoir et la règle. Dynamiques de l'action organisée*. Collection Sociologie. Paris: Collection Points.
- Galagovsky, L. (1993). *Hacia un nuevo rol docente. Una propuesta diferente para el trabajo en el aula*. Buenos Aires: Troquel.
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Sanmartí, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y codigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de Las Ciencias*, 21(1), 107–121.
- Garza, R. (2009). Latino and white high school students' perceptions of caring behaviors: Are we culturally responsive to our students? *Urban Education*, 44, 297–321. *Urban Education*, 44, 297–321.
- Glaser, B. ., & Strauss, A. . (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Nueva York: Aldine.
- Glynn, S. (1990). La enseñanza por medio de modelos analógicos. In K. Denise (Ed.), *El texto expositivo*. Buenos Aires: Aique.
- Godino, J. (2003). *Teoría de las Funciones Semióticas Un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*. España: Universidad de Granada.
- Godino, J., Contreras, A., & Font, V. (2006). Análisis de procesos de instrucción basado en el enfoque ontológico-semiótico de la cognición matemática. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 1-40.
- Hacking, I. (1989). *Concevoir et expérimenter*. Paris: Bourgois.
- Herbel-Eisenmann, B., Cirillo, M., & Skowronski, K. (2009). Why discourse deserves our attention. In A. Flores & C. Malloy (Eds.), *Responding to diversity. Grades 9-12* (pp. 103–115). Reston, VA: NCTM.
- Hernández-Sampieri, R Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill. CD-ROM complementario, capítulo 4. Estudio de Caso.
- Hicks, D. (1995). Discourse, learning, and teaching. *Review of Research in Education*, 21, 49–95.
- Hicks, D. (2003). Discourse, teaching and learning. In S. et alt Goodman (Ed.), *Lenguaje, literacy and education: a reader* (pp. 3–23). England, Trenthan Books: The open

University.

- Houssaye, J. B. P. L. (1988). *Le triangle pédagogique*. (P. Lang, Ed.). Berna.
- Hutchby, I., & Wooffitt, R. (1998). *Conversation analysis: principles, practices and applications*. Cambridge: Polity Press.
- Ignacio, M. (2005). *Construcción del conocimiento y discurso en el aula. Estudio del cambio en las concepciones sobre la nutrición humana y análisis de los procesos discursivos en un aula de educación secundaria*. Universidad de Sevilla.
- Jacob, C. (2001). Analysis and Synthesis, Independent Operation in Chemical Language and Practice. *International for Philosophy of Chemistry*, 7(1), 31–50.
- Kalkanis, G., Hadzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. *Science Education*, 87(2), 257–280.
- Kennedy, M. (2005). *Inside Teaching, Cambridge*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kragh, E. (2007). *Generaciones Cuánticas*. Madrid: Tres Cantos.
- Kress, G., & Osborn, J. (1998). *Modes of representation and local epistemologies: The presentation of science in education*. SISC Working paper.
- Lajoie, S. P. (2005). Extending the scaffolding metaphor. *Instructional Science*, (33), 541–557.
- Lemke, J. L. (1990). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Leontiev, A. (1984). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Editions du Progrès.
- Leutenegger, F. (2009). *Le temps d'instruire. Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique*. Collection exploration, Berne: Peter Lang.
- Ligozat, F., & Leutenegger, F. (2008). Construction de la référence et milieux différentiels dans l'action conjointe du professeur et des élèves. Le cas d'un problème d'agrandissement de distances. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 28(3), 319–378.
- Llorens, J. (1987). El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la química en la enseñanza media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de Las Ciencias*, 5 (1), 33–40.
- Llorens, J., De Jaime, M., & Llopis, R. (1989). La función del lenguaje en el enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 72(2), 111–119.

- Macrine, S. L., & Sabbatino, E. D. (2008). Dynamic assessment and remediation approach: Using the DARA approach to assist struggling readers. *Reading & Writing Quarterly*, 24, 52–76.
- Marcelo, C. (2001). El proyecto docente: una ocasión para aprender. En A. García-Varcarcel, (Ed.), *Didáctica Universitaria* (pp. 45–57). Madrid: La Muralla.
- Margolinas, C. (1993). “*De l’importance du vrai et du faux dans la classe de mathématiques.*” Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Marlot, C. (2008). *Caracterisation des transactions didactiques : deux études de cas en Découverte Du Monde Vivant au cycle II de l’_ecole _el_ementaire.* Universit_e Rennes.
- Martinez, M. (1998). *La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual Práctico – Teórico.* Caracas: Trillas.
- Mercer, N. (1995). *The guided construction of knowledge. Talk amongst teachers and learners.* Clevedon: Multilingual Matters.
- Mercer, N. (1996). Las perspectivas socioculturales y el estudio del discurso en el aula. En C, Coll y D, Edwards (Eds.). *Enseñanza Aprendizaje Y Discurso En El Aula. Aproximaciones Al Estudio Del Discurso Educativo*, Madrid, Fundación infancia y aprendizaje, 11–21.
- Mercer, N. (1997). *La construcción guiada del conocimiento.* Barcelona: Paidós.
- Mercer, N. (2001). *Palabras y Mentes. Cómo usamos el lenguaje para pensar juntos.* Barcelona: Paidós.
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: Ways of helping children to use language to learn science 30, 359–377. *British Educational Research Journal*, 30, 359–377.
- Mercer, N., & Edwards, D. (1987). Ground-rules for mutual understanding: a social psychological approach to classroom knowledge. In *Language, communication and education.* London: Croom Helm.
- Mercier, A., & Schubauer-Leoni, M.-L. (2000). Vers un modèle de l’action didactique du professeur. A propos de la course à 20. *Recherches En Didactique Des Mathématiques* 20.(3), 263-304., 20(3), 263–304.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms.* (O. U. Press, Ed.). Philadelphia.
- Newton, P. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of the school science. *Internacional. Journal of Scientific Education*, 21 (5), 553–576.
- Northedge, A. (2002). Organizing excursions into specialist discourse communities: a sociocultural account of university teaching. In *Learning for life in the 21st century:*

- sociocultural perspectives on the future of education* (pp. 252–264). Oxford: Blackwell Publishers.
- Novak, J. (1983). Overview of Seminar. In *Proceeding of the International Seminar: Misconceptions in science and mathematics* (pp. 1–4). New York: Cornell, University Press.
- Ortega, R., & Luque, A. (1990). Entrevista con Dereck Edwards. *Investigación En La Escuela*, 12, 69–76.
- Ortiz, A. (2009). *Metodología de la enseñanza problemica en el aula de clases (libro)* (Asiesca). Colombia.
- Panizza, M. (2002). *Conceptos básicos de la teoría de las situaciones didácticas*.
- Pea, R. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 423–451.
- Pérez, M., & Rodríguez, A. (2013). ¿Para qué se lee y se escribe en la universidad colombiana? Caracterización de prácticas de lectura y escritura en 17 universidades.
- Petri, J., & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1075–1088.
- Piaget, J. (1971). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Seix Barral, (Ginebra: Editions Gonthier, 1964).
- Piaget, J. (1975). *Introducción a la epistemología genética*. T. I. Buenos Aires: Paidos, (París: PUF, 1949).
- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas*. Madrid: Siglo XXI.
- Piaget, J. (1983). *Psicología de la inteligencia*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Pittman, k. (1999). Generated analogies: another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1–22.
- Pospiech, G. (2000). Uncertainty and complementarity: the heart of quantum physics. *Physics Education*, 35(6), 393–399.
- Postic, M. (1982). *La Relación Educativa: Factores Institucionales, Sociológicos y Culturales* (2nd ed.).
- Potter, J. (1996). *Representing reality: Discourse, rhetoric, and social construction*. London: Sage.
- Potter, J. (2005). Making psychology relevant. *Discourse and Society*, 16(5), 739–747.
- Pozo, J. (1996). *Aprendices y maestros: La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Prados, M. (2009). *Discurso Educativo y Enseñanza Universitaria*. Univesidad de Sevilla.

- Prados, M., & Cubero, M. (2013). Reflexionando acerca de como estudiar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el contexto natural del aula universitaria. Una propuesta de análisis de la interacción discursiva. *Cultura Y Educación* 25(3), 25(3), 273–284.
- Prados, M., & Cubero, M. (2016). ¿Cómo argumentan docentes y discentes en las aulas universitarias? *Educación XXI*, 19(1), 115–134.
- Prados, M., Cubero, M., & de la Mata, M. (2010). ¿Mediante qué estructuras interactivas se relacionan profesorado y alumnado en las aulas universitarias? *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(1), 1–13.
- Prados, M., & Cubero, R. (2005). Construcción del conocimiento y discurso educativo. Una aproximación al estudio del discurso de profesores y alumnos en la universidad. *Avances En Psicología Latinoamericana*, 23, 141–153.
- Prados, M., & Cubero, R. (2007). Un acercamiento a la construcción del conocimiento en las aulas universitarias a partir del análisis del discurso de profesores y alumnos. *Investigación En La Escuela*, 62, 47–61.
- Puig, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). What do 9th grade students consider as evidence for or against claims about genetic differences in intelligence between black and white “races”? *The Nature of Research in Biological Education: Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues*, 153–166.
- Rickenmann, R. (2005). El rol de los artefactos culturales en la estructuración y gestión de secuencias de enseñanza-aprendizaje. *Universidad de Ginebra (Suiza)*, 1–21.
- Rickenmann, R. (2012). *Diálogos sobre la investigación de la acción didáctica conjunta: retos y perspectivas*. Girona: Documenta Universitaria.
- Rickenmann, R., Angulo, F., & Soto, C. (2012). *El museo como medio didáctico*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Rickenmann, R., & Córdoba, A. (2009). L’analyse des pratiques et le pilotage des conduits. *Pensamiento, Palabra Y Obra*, 3(3).
- Rodrigo, M. (1994). Etapas, contextos, dominios y teorías implícitas en el conocimiento social. In M. Rodrigo (Ed.), *Contexto y desarrollo social* (pp. 21–43). Madrid: Síntesis.
- Rodrigo, M., & Cubero, R. (1998). Constructivismo y enseñanza: Reconstruyendo las relaciones [Constructivism and teaching: Reconstructing relationships]. *Con-Ciencia Social*, 2, 23–44.
- Rodríguez, E. (2000). La comunicación en la formación de profesores. *Pensamiento Educativo*, 27, 35–48.
- Rogoff, B. (1990). *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*. New York: Oxford University Press.
- Rommetveit, R. (1974). *On message structure: A framework for the study of language and*

communication. New York: Willey.

- Rommetveit, R. (1979). On the architecture of intersubjectivity. In R. Rommetveit & R. Blackar (Eds.), *Studies on language, thought and verbal communication* (pp. 93–107). London: Academic Press.
- Rosales, C. (2001). Comunicación didáctica en la universidad. En A. García-Varcárcel, (Ed.), *Didáctica Universitaria* (pp. 113–153). Madrid: La Muralla.
- Sacks, H., Schelgloff, E., & Jefferson, G. (1974). A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *Language*, 50, 696–735.
- Sadler, T. D. (2006). Promoting Discourse and Argumentation in Science Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 323–346.
- Sánchez, E., García, J., & Rosales, J. (2008). Elementos para analizar la interacción entre estudiantes y profesores: ¿qué ocurre cuando se consideran diferentes dimensiones y diferentes unidades de análisis? *Revista de Educación*, 346, 105–136.
- Sánchez, E., & Leal, F. (2001). La explicación verbal: problemas y recursos. In A. García-Varcárcel (Ed.), *Didáctica Universitaria* (pp. 199–229). Madrid: La Muralla.
- Sandín, M. P. (2003). *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos Tradiciones*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Schalk, A., & Marcelo, C. (2010). Análisis del discurso asíncrono en la calidad de los aprendizajes esperados Asynchronous. *Comunicar*, 35, 131–139.
- Schubauer-Leoni, M., Mercier, A., & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 5–16.
- Schubauer-Leoni, M.-L., Leutenegger, F., Ligozat, F., & Fluckiger, A. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves : les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. (pp. 51–91). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Seeger, F. (1991). Interaction and Knowledge in Mathematics Education. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 11 (23), 125–166.
- Sensevy, G. (1998). *Institutions didactiques*. Paris: Paris: PUF.
- Sensevy, G. (2007a). Caractérisation des pratiques d'enseignement et détermination de leur efficacité. La lecture et les mathématiques au cours préparatoire.
- Sensevy, G. (2007b). Categorías para describir y comprender la acción didáctica, 5–34.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007a). *Agir ensemble: l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007b). *Categorías para describir y comprender la acción didáctica*. Rennes: PUR.

- Sinarcas, V., & Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de Las Ciencias*, 3, 9–25. <http://doi.org/http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4489861>
- Sinclair, J., & Coulthard, M. (1975). *Towards an analysis of discourse: the English used by teachers an pupils*. Oxford: Oxford University Press.
- Solbes, J. (1996). La física moderna y su enseñanza. *Alambique*, 10, 59–67.
- Solbes, J. (2009). Dificultades De Aprendizaje Y Cambio Conceptual ., *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 6(2), 191–212.
- Solbes, J., & Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de La Física*, 23, 57–85.
- Stake, R. (1995). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Stone, C. A. (1998). The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 31, 344–364.
- Stubbs, M., Robinson, B., & Twite, S. (1979). *Observing Classroom Language*. Milton Keynes: Open University Press.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lengua. *Enseñanza de Las Ciencias*, 21 (1), 21–25.
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1996). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados*. Barcelona: Paidós.
- Tiberghien, A., Buty, C., & Le Marechal, J. (2005). Physics teaching sequences and students's learning. In Koliopoulos & A. Vavouraki (Eds.), *Science and technology Education at cross roads : meeting the challenges of the 21th century. The second conference of edifeand the second ioste symposium in south*.
- Turner, J. C., Meyer, D. K., Cox, K. E., Logan, C., DiCintio, M., & Thomas, C. T. (1998). Creating contexts for involvement in mathematics. *Journal of Education & Psychology*, 90, 730–745.
- Valsiner, J. (1988). Ontogeny of co-construction of culture within socially organized enviromental setting. In *Child development within culturally structured environments Vol 2. Social co-construction and environmental guidance of development* (Vol. 2). Nortwood NJ: Ablex.
- Valsiner, J. (1996). Co-constructionism and development. A sociohistoric tradition. *Anuario de Psicología*, 69, 63–82.
- Valsiner, J., & van der Veer, R. (1993). The encoding of distance: The concept of the zone of proximal development and its interpretations. The development and meaning of psychological distance Hillsdale: Erlbaum. In R. Cockney & K. A. Renninger (Eds.),

- The development and meaning of psychological distance* (pp. 35–62). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher–Student Interaction: A Decade of Research. *Educ Psychol Rev*, 22, 271–296.
- Vernant, D. (1997). *Du discours à l'action*. Paris : PUF.
- Vernant, D. (2004). Pour une logique dialogique de la vérité. *Cahiers de Linguistique Française*, 26, 87–111.
- Vygotski. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Harvard Mass: Harvard University Press.
- Vygotski, L. (1977). *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.
- Vygotski, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona.: Grijalbo.
- Wells, G. (1993). Reevaluating the IRFsequence: A proposal for the articulation of theories of activity and discourse for the analysis of teaching and learning in the classroom. *Linguistics and Education*, 5, 1–37.
- Wells, G. (1996). De la adivinación a la predicción: discurso progresivo en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. In C. Coll & D. Edwards (Eds.), *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula*. (pp. 75–99). Madrid.
- Wells, G. (1999). *Dialogic Inquiry. Toward a Sociocultural Practice and Theory of Education*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wells, G. (2002). Learning and teaching for understanding: The Key role of collaborative knowledge building. In *Social constructivist teaching: Affordances and constraints* (pp. 1–41). Oxford: Elsevier/JAI.
- Wells, G. (2003). La importancia del habla en la educación. *Kikiriki Cooperación Educativa*, 68, 15–19.
- Wertsch, J. (1979). From social interaction to higher psychological processes: a clarification and an application of Vygotsky's theory. *Human Development*, 22, 1–22.
- Wertsch, J. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wertsch, J. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.
- Wertsch, J. (1991). *Voices of the mind*. London: Harvester Wheatsheaf.
- Wertsch, J. (1993). *Voces de la mente: un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*. Buenos Aires: AIQUE. (Trabajo original publicado en 1991).
- Wertsch, J. (2000). Intersubjectivity and alterity, in human communication. In

Communication: an area of development; Advanced in applied Developmental Psychology (pp. 17–31). Ablex Publishing Corporation.

Wertsch, J. (2002). *Voices of collective remembering*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Cambridge: Cambridge University Press.

Wertsch, J., Minick, N., & Arns, F. (1984). The creation of context in joint problem solving. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday cognition: Its development in social contexts* (pp. 151–171). Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Wilhelmi, M., Font, V., & Godino, J. (2006). Bases empíricas de modelos teóricos en didáctica de las matemáticas: reflexiones sobre la teoría de situaciones didácticas y el enfoque ontológico y semiótico, 1–10.

Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring problem solving. *Journal Child Psychol. Psychiat*, 17(2), 89–100.

Wood, D., & Wood, H. (1996). Vygotsky, tutoring and learning. *Oxford Review of Education*, 22(1), 5–12.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado



Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación hace parte de un proyecto aprobado en el Comité de Desarrollo de la Investigación—CODI Universidad de Antioquia titulado Innovación en la formación de profesores de ciencias y matemáticas del cual hace parte el trabajo de tesis titulado “La co-construcción de conocimiento en un aula de química en educación superior: El papel de la dupla devolución- regulación”, realizado por la estudiante doctorado de la Universidad de Antioquia y docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico Metropolitano Adriana María Soto Zuluaga, y los asesores del proyecto de tesis Carlos Arturo Lombana y Fanny Angulo Delgado.

Su participación en el proyecto consiste en permitirnos ingresar a sus clases, las cuales serán grabadas con audio y video. Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en unas entrevistas (o completar una encuesta, o lo que fuera según el caso). El contenido de las entrevistas será transcrito, lo mismo ocurrirá con las sesiones de clase seleccionadas.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Adriana María Soto Zuluaga. He sido informado (a) de los propósitos del estudio.

Me han indicado también que tendré que responder preguntas en unas entrevistas y diseñar una unidad didáctica para luego aplicarla en el aula.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Adriana María Soto Zuluaga estudiante de doctorado de la Universidad de Antioquia al teléfono 4405291 o al celular 3112929940.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a Adriana María Soto Zuluaga al teléfono anteriormente mencionado.

Consentimiento: Entiendo que firmando esta autorización estoy de acuerdo en tomar parte de esta propuesta de formación.

<u>Adriana M-Soto</u>	<u>[Firma]</u>	<u>Julio 2014</u>
Nombre del investigador 1	Firma	Fecha
<u>Carlos A. Soto C.</u>	<u>[Firma]</u>	<u>Julio 2014</u>
Nombre del investigador 2	Firma	Fecha
<u>Fanny Angulo D.</u>	<u>[Firma]</u>	<u>Julio 2014</u>
Nombre del investigador 3	Firma	Fecha
<u>Marta Victoria Plata</u>	<u>[Firma]</u>	<u>Julio 2014</u>
Nombre del participante	Firma	Fecha

Cualquier comentario o situación en la que se sospeche de falta de ética investigativa puede ser discutida con la jefe del Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas—CIEP de la Facultad de Educación Dra. María Nelsy Rodríguez, teléfono 2195705, o con la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia 2195190.

Anexo 2. Acuerdo Superior 342 del 30 de octubre de 2007

Por el cual se establecen los principios y los criterios generales para la selección de los profesores de la Universidad de Antioquia, y se reglamenta el concurso público de méritos para la carrera docente.

El Consejo Superior Universitario, en uso de sus atribuciones legales y estatutarias, especialmente de la establecida en el artículo 70 de la Ley 30 de 1992, y en cumplimiento del artículo 83 del Estatuto General de la Universidad, y

CONSIDERANDO

1. Que la Ley 30 de 1992, y el Acuerdo Superior 1 de 1994 Estatuto General de la Universidad de Antioquia, establecen que la incorporación de los profesores de la Universidad se realizará por medio de concurso público de méritos, cuya reglamentación corresponde al Consejo Superior Universitario.
2. Que la idoneidad de los profesores es una condición para el logro de la calidad académica, y, por tanto, los procedimientos y criterios que orientan su selección e incorporación deben garantizar la mayor objetividad, transparencia e igualdad.
3. Que, mediante Acuerdo Superior 307 de 2005, se reglamentó el concurso público de méritos, con fundamento en el cual se realizaron dos convocatorias en el año 2006 y una en el 2007, y en ellas se evidenciaron dificultades, no sólo de índole procedimental, sino también sustancial, que comprometen la efectiva consecución de los objetivos trazados por la Universidad para la selección de sus profesores. A lo anterior se suma la vigencia de nuevas políticas orientadoras del quehacer universitario, que deben tenerse en cuenta para la implementación de los procesos de desarrollo institucional, como el referido a la vinculación de los docentes.
4. Que, mediante Acuerdo Superior 332 del 28 de noviembre de 2006, se adoptó el Plan de Desarrollo de la Universidad de Antioquia para el período 2006-2016, denominado “Una universidad investigadora, innovadora y humanista al servicio de las regiones y del país”, en el cual se consignan las líneas estratégicas para guiar el desarrollo institucional en los próximos diez años, se precisan los alcances esperados en este desarrollo y se proponen las acciones para alcanzarlo.
5. Que en el Plan de Desarrollo mencionado se plantea la necesidad de “promover la creación de entornos para el aprendizaje, donde la construcción del conocimiento se logre de manera flexible y autónoma, y donde los roles de los participantes en el proceso, las propuestas y estrategias de enseñanza y los medios y tipos de materiales se adapten a las necesidades actuales y futuras”; asimismo se recalca que “El carácter formativo de la actividad docente le confiere al profesor una gran responsabilidad en el cultivo riguroso de la disciplina, como también responsabilidades éticas y morales, frente al estudiante, la institución y la sociedad”.
6. Que estas orientaciones ofrecen nuevos elementos valorativos y teleológicos de la función docente que, junto con los consagrados en el Estatuto General y en el Estatuto Profesoral, deben ser tenidos en cuenta para la selección de los aspirantes a ser profesores de la Universidad de Antioquia, en la medida en que delimitan el marco de condiciones que dicha dignidad exige.
7. Que ese marco normativo parte de la base de que el profesor de la Universidad y, por ende, quien aspire a dicha condición, debe:

7.1. Ser ante todo maestro: Intelectual comprometido con la creación de conocimiento. Ha de darle sentido y aliento a la vocación por el estudio, esencial en las sociedades humanas, privilegio inmenso en la nuestra.

7.2. Tener sentido de responsabilidad: El profesor universitario aspira a ligar el conocimiento, con las exigencias y expectativas de la comunidad a la que la Universidad se debe. Esa responsabilidad debe ser incondicional, dado el carácter vocacional de las tareas que encarna, responsabilidad que acoge a los otros como si fueran responsabilidad suya.

7.3. Ser un profesor integral: El profesor universitario es un creador, por naturaleza un investigador: escribe, experimenta, confronta su saber, se confronta a sí mismo. Desde allí desarrolla su vocación de enseñar. Alguien que no esté en incesante aprendizaje nada puede enseñar. Alguien que no ponga en suspenso lo que sabe, no puede pretender contagiar su vocación a los otros. La mencionada integridad supone al mismo tiempo un compromiso renovado con la inteligencia social. La inteligencia universitaria se nutre en el diálogo con la inteligencia social. En suma: el profesor universitario articula como algo natural las tres misiones básicas de la Universidad: investigación, docencia, extensión.

7.4. Ser humanista: No sólo porque liga su acción y su saber a las corrientes culturales de las distintas tradiciones y lenguas, sino porque está convencido de que todo conocimiento hace parte de la esencia de la humanidad, la enriquece, la hace más justa y razonable. Ello conduce a una formación que activa la diversidad. Al mismo tiempo ese talante humanista lo hace sensible para la crítica de las injusticias y las desigualdades, de los atropellos y las discriminaciones. El conocimiento apunta a devolver a las comunidades un elevado espíritu de pluralidad. La humanidad se construye y examina a cada paso. Ser humanista es profesar unos valores, respetar unos compromisos, profesar una fe: la fe por el cultivo de la verdad. Esa fe se multiplica y se abre, se enriquece aun con aquello que le resulta extraño.

7.5. Ser racional: Haga lo que hiciere, sea la que fuere la disciplina que practique, el profesor universitario ha de ser un constructor de formas de racionalidad. Porque hay una racionalidad universitaria, distinta de otras formas de racionalidad. ¿En qué consiste? Apela al diálogo como su elemento natural. Lo propio del diálogo es el rigor en la construcción de los planteamientos, con miras a plasmar en común verdades que originen consenso. Conversar inteligentemente supone persuadir con razones. En eso se distingue de las estratagemas discursivas que convencen a cualquier precio, dado que conciben el diálogo como un pugilato, una metáfora de la confrontación, una práctica sublimada de la guerra. El auténtico profesor no utiliza la metáfora, tan en boga, de que las palabras son armas. La mencionada racionalidad tiene un signo distintivo inconfundible: supone que el que habla primero es el otro, y que éste tiene de entrada el uso razonado de la palabra.

7.6. Ser interdisciplinario: El profesor que la Universidad requiere está convencido de la necesidad de alimentar el diálogo natural entre las disciplinas. Por distintas razones, éstas, en ocasiones, se han vuelto cerradas, sofisticadas, privilegio de sociedades de saber exclusivas. Cuando en realidad el conocimiento es un territorio abierto, permeable a otros saberes, dispuesto a entrar en tensión con ellos. Una disciplina, por más que tenga reglas de juego propias, nunca se encierra ni se parcela.

7.7. Ser un formador de ciudadanos: Ciudadanos del mundo, abiertos, universales. Si bien debe apuntar a la excelencia, no olvida que su propósito básico es formar para la autenticidad y el

compromiso en todas las situaciones de la vida, a estudiantes de por sí diversos, con aptitudes diferentes, con niveles de comprensión distintos. Por ello evita que la búsqueda de tal excelencia se torne discriminatoria y elitista. Un profesor es capaz de enseñar a todos, sabiendo que ese “todos” es lo múltiple, que nadie es igual a nadie. Enseña lo diverso a comunidades diversas.

7.8. Ser teórico-práctico: El profesor universitario integra de manera dinámica ambos dominios. Su enseñanza es viva, no libresca. Alimenta su saber en la experiencia y lo nutre con la realidad circundante. El aula se convierte en un laboratorio de experimentación y transformación de la existencia palpitante de los estudiantes.

7.9. Tener sentido de la democracia: Toda su práctica debe ser una lección de democracia. Hay que evitar que, en este aspecto, la Universidad se quede detenida: obediente a un discurso dictado por la tradición, por las ideologías, por la autoridad. Ese tipo de discursos les suena cada vez más vacío a los universitarios. Los profesores tienen mucho que aportar al respecto: renovar el lenguaje, renovar la fe en el lenguaje. La universidad es una comunidad que construye propuestas de lenguaje con sentido. Hay que incentivar en los jóvenes el interés por sopesar sus razones, por renovarlas a la luz de razonamientos ajenos.

7.10. Ser sensible a lo público: La Universidad pertenece a la comunidad, se debe a ella. Los ciudadanos miran y escuchan todo el tiempo a su Universidad. El profesor tiene que volcarse al diálogo con sus problemáticas. Nada de lo que dice o hace debe ser ajeno a esa exigencia. Hay que construir una pedagogía ingeniosa a ese respecto: salvar la contradicción consistente en aspirar a defender lo público -la universidad pública-, paralizándola. Estudio y crítica, investigación y defensa de lo público: se trata de prácticas que se tienen que articular de modo consistente y permanente. Eso no suprime la crítica, sino que la enriquece. No anula la protesta, sino que la vuelve lúcida e ilustrada.

7.11. Ser autónomo y participativo: El profesor universitario ejerce con rigor y responsabilidad su libertad de cátedra, de opinión, de producción de pensamiento, con un sentido de integración a los procesos colectivos, decidido a participar en la construcción del proyecto universitario. El profesor universitario no puede darse el lujo de convertir su autonomía en individualismo, y hacer primar su proyecto personal sobre las necesidades de la Universidad. En este aspecto se vuelve esencial desplegar un sentido solidario y generoso que apunte al bien común.

8. Que las orientaciones axiológicas anotadas se constituyen en puntos de referencia necesarios para que los órganos de selección que se disponen en el presente Acuerdo valoren el mérito y los perfiles generales de los aspirantes a profesores de la Universidad de Antioquia.

9. Que el Consejo Académico, en su sesión del 6 de septiembre de 2007, recomendó la expedición de un nuevo Acuerdo Superior que regule la materia...

Anexo 3. Transcripción de las entrevistas a la profesora

Primera entrevista a la profesora Flor María

31 de julio de 2014

Adriana (00:06): Buenos días profesora Flor María, vamos a realizar la primera entrevista...
¿Metodológicamente hablando cómo planea las clases?

P (00:12): Uno tiene una experiencia ya de varios años con los contenidos de este curso y uno infiere por ciertas, digamos regularidades y sistemáticas a lo largo del tiempo, cuales conocimientos tienen los estudiantes y que tipo de problemas ellos resuelven. Con base en eso yo organizo el curso y preparo unos documentos centrales que yo los llamo módulos. Entonces hay tres módulos centrales: uno el modelo molecular corpuscular, otro el modelo molecular estructural y el otro el modelo cuántico del átomo. Aunque hay ciertas regularidades, y yo he encontrado a lo largo del tiempo que muchas de ellas persisten, sin embargo entre los grupos hay diferencias. Y esas diferencias lo llevan a uno a estar muy atento a darse cuenta de ellas, y en el transcurso del tiempo ir preparando documentos cortos o ideándose otros problemas y otras preguntas que les ayuden a los estudiantes a complementar las deficiencias que hallan o las ausencias muchas veces, y a planear otras cuestiones que son importantes y que ellos ya deberían tener alguna adquisición de ellas y que sin embargo no las tienen. Por eso yo muchas veces recorro a llevar una hoja con una tarea, llevar un mapa conceptual o a llevar un documento corto, a poner una lectura o asignar un video para ser trabajado con el fin de que ellos puedan tener un mínimo que les permitan asimilar el contenido del curso.

Adriana (02:19): ¿Qué fuentes utiliza para organizar la planeación del tema que está trabajando o de la materia en general?

P (02:27): ¿Fuentes bibliográficas? yo utilizo libros, los libros de química, yo estoy utilizando los libros más o menos de los últimos cuatro años publicados, porque los libros de química de los últimos cuatro años hacia acá son libros que me parecen a mí que pedagógica y didácticamente han mejorado mucho la presentación, pues en estos libros ya los capítulos traen una presentación de objetivos, algunos traen una presentación de logros a alcanzar con ese texto, otros traen los problemas del final del capítulo ya estructurados, problemas de un tema específico, problemas que exigen mayor abstracciones y problemas de profundidad. Ya muchos libros así y eso me gusta, me parece adecuado para los estudiantes y para uno también. También utilizo videos, yo a veces veo videos o pongo a los estudiantes a que vean videos para desde ahí plantear el tema o el problema, sobre todo cuando veo que tienen mucha dificultad y cuando también tienen dificultad por leer y escribir, tu sabes que estos estudiantes tienen muchas dificultades de esa clase entonces... también he utilizado mucho la imagen pero... el problema de utilizar la imagen es que nos quedamos viendo la imagen y los muchachos no aprenden a argumentar, a especificar y a interpretar, ese es el problema con la imagen. Entonces todo se queda como en los sentidos, en primera línea. También utilizo a veces artículos de revistas que estén relacionados con química o artículos de un texto, a veces de biografía de algún químico importante por ejemplo la biografía de Roald Hoffmann, porque en química hay varios químicos que a lo largo del tiempo han ganado el premio nobel de la paz, eso les gusta mucho entonces a veces les pongo la lectura de algún premio nobel de química que a la vez tenga premio nobel de la paz. O sino lo tiene que haya recibido el medallas o premios por motivos políticos relacionados con la paz.

Adriana (04:50): ¿Qué papel juega en sus clases sus exposiciones, sus explicaciones?

P (04:57): Las exposiciones a mi si me parecen que son importantes y hay momentos en que la exposición es central porque... sobre todo cuando el tema es muy abstracto y los estudiantes no tienen manejo de esos conceptos, una buena exposición ayuda mucho. Claro que la exposición debe

acompañarse de muchas ayudas también, a veces ayudas visuales, así como también, por ejemplo, tener muy en cuenta lo que ellos han aprendido y como vienen trabajando. Tanto para la exposición como para cualquier otra situación en clase porque con ellos tiene que estar uno pendiente de cómo es que van progresando ellos, los estudiantes. Como van progresando, cuales son los resultados de los quices, cuales son los resultados en las tareas, si corrigen una tarea si sí la corrigieron como era o si volvieron a repetir lo mismo, porque a veces pasa eso, ellos simplemente entregan por entregar. Entonces si uno no revisa, uno se da cuenta de que no han pensado realmente nada ellos simplemente han copiado, entonces en eso tiene que estar uno muy atento como en el ánimo de lograr que ellos se comprometan y se entusiasmen con el conocimiento en química porque para ellos eso... de todas maneras el contenido del curso es muy abstracto para ellos porque la experiencia que ellos traen es muy de relacionarse a través de los sentidos y de modo directo con los fenómenos. Ellos no tienen un trabajo interesante con mirar más allá de lo que le dan la primera observación. Aunque han tenido mucha experiencia en el laboratorio sin embargo ellos no han avanzado porque la experiencia en el laboratorio se realiza también con un desarrollo conceptual, ellos todavía no hacen eso, ellos son bastante operacionales.

Adriana (07:03): Sí, yo le hago una pregunta aparte de esto: ¿ellos ven otra metería relacionada con química antes de ésta o esta es la primera química que...

P (07:10): No, ellos ven en el primer semestre diez horas de química, ellos tienen un curso en el primer semestre de química que se llama soluciones y estequiometria de cuatro horas a la semana, y tienen otro curso que es de experimental, de laboratorio de seis horas a la semana, curso de técnicas de laboratorio químico. O sea que ellos tienen diez horas a la semana de química en el primer semestre y a eso le pone las horas de preparación, las horas de estudio... súmele todo eso. Ellos tienen más de doscientas horas. Y simultáneamente con este curso de estructura ellos ven un curso de química también en otro. Algunos ven un curso que se llama cinética y equilibrio, otros tienen simultáneamente estructura y otro curso que se llama separaciones químicas, y hay otros que están simultáneamente viendo los tres: estructura, cinética y separaciones. Entonces ellos a pesar de que tienen toda una experiencia de horas de trabajo en química en la universidad eso en el trabajo no se nota ellos aprovechan los conocimientos y aprendan a trabajar con el conocimiento a resolver problemas. Sino que ellos en el trabajo siguen siendo demasiados hiperactivos, pero hiperactivos en términos de manejar algoritmos, muy de manejar algoritmos y el trabajo experimental muy en función de un procedimiento que deben hacer, pero ellos no conceptualizan todavía eso que están haciendo. Entonces por ahí está la dificultad también con este curso. Entonces uno tiene que estar muy atento a esa situación: a la experiencia que ellos tienen que ya traen de otros cursos y a las experiencias personales que ellos han adquirido. No siempre hay pero a veces hay uno o dos estudiantes que tienen otro trabajo adicional que es bastante interesante, son estudiantes muy participativos y muy comprometidos pero en general no sucede eso.

Adriana (09:37): Bueno, usted ya me había hablado del material escrito que era parte de esta pregunta: ¿Qué papel juegan las exposiciones, explicaciones y el material escrito? usted siempre es lleva un documento.

P (09:45): Yo siempre les llevo un documento pero yo aprendí que eso no es suficiente porque muchos de ellos... Yo he aprendido con ellos a lo largo del tiempo. Todos fotocopian el documento pero de vez en cuando hay uno, dos o tres que no lo fotocopian y terminan fotocopiándolo ya muy avanzado el curso porque lo ven como una necesidad que se están quedando, pero en general yo he notado que los estudiantes, unos pocos tienen el documento, lo leen, señalan, hacen preguntas, consultan, vienen a asesoría con el documento. Hay otros que lo tienen y lo miran a la carrera y hay otros que lo tienen y no lo miran, no lo leen si quiera, y hay otros que lo tienen y lo doblan y lo guardan y unos poquitos que no lo adquieren, pero los poquitos que no lo adquieren terminan adquiriéndolo ya más o menos avanzado el curso porque ven la necesidad. Pero yo digo que ese comportamiento es precisamente

porque ellos tienen muy poca experiencia y tradición con manipular documentos y aprender a leer documentos. Yo creo que ellos tienen mucha experiencia a partir de cómo interacciona el mundo y muy poco aprendizaje a partir de la lectura, de la escritura, de la reflexión, incluso del video porque para ellos el video se vuelve como cualquier programa de televisión, de fútbol, de cualquier cosa.

Adriana (11:39): Entonces la atención que realmente amerita

P (11:41): Si se necesita otro esfuerzo adicional ellos todavía... no es porque no quieran, ellos sí quieren pero no tienen todavía formación para... ellos están en esa formación empezando, digo yo, que yo veo que ellos tienen dificultades con eso.

Adriana (12:03): ¿Qué papel cree que juega el lenguaje, el discurso, las interacciones discursivas en el aprendizaje?

P (12:09): Eso para mí sí es muy importante por lo que acabábamos de hablar. Sin la interacción discursiva eso es dejar a los estudiantes solos en lo que perciben, casi que la vista de modo predominante. Y lo que percibe la vista lo percibe muy en el mundo cotidiano, porque el mundo cotidiano da demasiadas experiencias, y con las mismas experiencias de la vida cotidiana la gente arma conocimiento pero ese no es un conocimiento que le exija muchos conceptos, puede tener conceptos intuitivamente pero no le exigen explicitar conceptos. En cambio ya la universidad le exige que explicita los conceptos, que explicita las explicaciones o los argumentos que tenga para posicionarse frente a algo, y eso todo es discursivo, todo es discursivo y sobretodo porque aquí en química y en ciencias y en cualquier otra disciplina no solamente el discurso es el lenguaje nuestro, el español, sino que les exige que tengan el lenguaje de la química. En la química el lenguaje es un lenguaje realmente con muchos signos, muchos símbolos, palabras... y entonces hay que usarlos, expresarse con ellos y tampoco eso está muy presente y muy consciente. Entonces de ahí que el discurso sea una herramienta fundamental dado que el discurso se puede acompañar de otras herramientas como imágenes, con acciones, con gestos. De todas maneras la universidad les exige, tienen que presentar resultados ya sea en exámenes, en trabajos, en exposiciones... y eso todo se presenta discursivamente.

Adriana (14:25): ¿Cuál cree que es la esencia de una buena enseñanza?

P (14:30): ¿La esencia? yo creo que hay que estar muy atento a los estudiantes. Estar muy atento a que saben, a que hacen, a que actitudes tienen: si están propositivos frente al curso o no están propositivos. Es decir centrarse mucho en ellos, en caracterizarlos a ellos y mirar las expectativas y los deseos que ellos tienen, y como va uno canalizando eso a través de lo que uno planea. Muy atento a que eso también se relacione con las experiencias que ellos tienen porque yo veo que con ellos hay que trabajar tanto situaciones de problemas conocidos por ellos como desconocidos porque si uno se queda en lo que ellos conocen entonces ya no salen de ahí, se quedan ahí. En cambio para que ellos se arriesguen y se atrevan a hacer algo nuevo hay que ponerles problemas nuevos, preguntar nuevo y preguntar de modos distintos. Uno no se puede quedar en la línea. Yo no sé si tú te has dado cuenta que ellos no siempre hablan los mismos y es por eso, porque yo veo que los muchachos hay mismo capturan esa línea y esquematizan el esquema del profesor y eso es fatal, eso es fatal con ellos

Adriana (16:03): Es cierto ¿Cómo crees que se aprende ciencia?

P (16:19): Yo creo que hay varios caminos para eso, yo no creo que haya un solo camino. Hay por ejemplo experiencias con grupos que aprenden... que se apropian más fáciles empezando por problemas muy conocidos para ellos y desde ahí empezar a hacer unos desarrollos. Pero eso no siempre funciona, hay grupos, a veces, que funcionan más a partir de la pregunta y de ponerlos a indagar; pero hay otros grupos que no funcionan de ninguna de las dos maneras. Hay otros grupos que funcionan más en términos de lo que el profesor va a presentando y les va poniendo y hay grupos

que dicen: “dígame cómo es esto... póngame un ejemplo” y yo sigo, y a veces toca hacer eso porque les pones el problema para que ellos busquen, indaguen y reflexionen y no lo hacen, o ponen la pregunta y no la hacen, ellos están esperando que tú les entregues, les des los ejemplos para que ellos hagan parecido. Entonces uno se tiene que mover en todo eso. Ahora con los que exigen que se entregue y le ponga y le pregunte parecido hay que irlos llevando a que se salgan de ahí. Claro que aquí un semestre no da para eso ¿cierto? pero uno intenta no quedarse ahí en ese esquema. Mira que en la clase... no te diste cuenta, no estabas tú, estaba este otro muchacho... no recuerdo, el estudiante que dice que yo le dijera el concepto, que yo les dijera el concepto de temperatura de fusión. Es más yo lo que estaba buscando ahí era que ellos se dieran cuenta que cuando dicen que temperatura de fusión es pasar de sólido a líquido eso no es correcto, que eso no es adecuado en química decir eso, sino que buscaran que el problema era equilibrio además porque eso estaba en el diagrama de fases y ellos habían hecho una tarea con el diagrama de fases. Entonces hubo un estudiante que se desesperó y que dijo “a bueno, entonces díganos usted que es y no funcionemos más” él está pidiendo que le den todo así, eso es lo que están pidiendo cuando hacen ese tipo de afirmaciones. En cambio hay otros que se someten al problema de indagar y de buscar, en cambio hay otros que no hacen eso entonces cuando tengo grupos que presionan mucho con “deme” tú tienes que dar ¿cierto? tienes que dar y la cuestión es como irse uno alejando de ahí. Entonces yo en eso si soy bastante flexible pero que te enseñe de ese modo, yo creo que no, depende con quién se enfrenta uno, con que grupo de estudiantes. Hay grupos de estudiantes que son muy de la búsqueda, muy de la indagación, entonces con esos funciono muy bien. Pero cuando uno no tiene ese tipo de grupos sino que lo dominante es “deme y pregunte parecido” también tienes que tener eso en cuenta porque si no, no te va a fusionar nada.

Adriana (19:52): Pero de pronto es diferente, pienso yo, como ejemplo el primer mes que empieza a dictar el curso al último mes, ya cambia un poquito esa mentalidad o ¿el grupo que es muy... esperando que les den todo siguen casi que el semestre así?

P (20:09): Gran parte sí. Eso cambia si hay mucho esfuerzo del estudiante y compromiso, si no, eso no cambia. Ellos siempre son esperando que les den y les pregunten parecido. Eso depende mucho de la actitud que ellos logren desarrollar o que logren modificar esa actitud. Cuando ellos se van dando cuenta que puede ser de otro modo y van tomando confianza ellos lo aceptan. Pero mientras tanto ellos están ahí. Yo una vez hice una experiencia muy interesante porque les puse unos problemas del agua, pero a unos les puse fue el agua de un páramo, a otros les puse el agua a la orilla del mar, en la costa, a otros les puse el agua de un nevado, a otros... en fin, es el agua pero en distintos contextos. Y el resultado de esa experiencia es que todos se fueron para la Internet y yo les puse una serie de preguntas que ellos debían responder, claro que tienen que consultar también, pero al final tenían que hacer un pensamiento sobre el agua según esos contextos. Y la experiencia con esa tarea es que todos se fueron y bajaron de Internet y cortaron y pegaron. Si buscaron en el páramo, en el nevado buscó en nevado, el del mar busco en el mar, el de la piscina buscó en la piscina pero, de iniciativa de ellos para aprender algo, no. Por eso yo no soy muy partidaria sobretodo aquí, de esas experiencias les pongo un proyecto o un problema de esos que se resuelven a largo plazo porque por una lado aquí hay que terminar un semestre, aquí no hay nada más que hacer sino terminar un semestre. Pero ahí cuenta uno con la dificultad porque uno puede planear según el tiempo pero ahí si se encuentra con la dificultad de la actitud de ellos. Por más que uno diga que se puede consultar y que no se trata de copiar eso, pero lo que ellos hacen es copiar, y sacan fotos muy bonitas y consiguen imágenes muy bonitas pero ellos no han hecho sino seleccionar, pegar, imprimir y pegar. Entonces yo solía hacer mucha tarea así pero ya últimamente no las he vuelto a poner porque me parece que ese no es el sentido, la manera como ellos resuelven no es el sentido y por más que uno les diga que no es así ellos se quedan ahí, en la entrega

Adriana (22:58): ¿Cómo crees que aprende los estudiantes que tienes a cargo en este momento?

P (23:03): ¿Cómo crees que aprenden?

Adriana (23:07): ¿Cuál es la caracterización que usted ha venido haciéndoles?

P (23:12): Para mí de distintos modos, y depende mucho de... por un lado la cultura que ellos ya han asimilado a lo largo de su vida, por ejemplo estudiantes que vengan de regiones... es que ha habido grupos que son demasiado heterogéneos. Por ejemplo yo tuve un grupo, un curso donde había dos estudiantes que eran chocoanos pero esos estudiantes no estudian dos palabras, no escribían nada. Yo los tuve que poner a hacer ejercicios para que escribieran tan siquiera una frase ¿usted en la universidad y no escribe ni una frase? no.

Adriana (24:01): ¿Pero se defendían en los exámenes?

P (24:03): No, ellos en los exámenes no se defienden, más por la manera como yo pregunto. Ellos se defienden donde sean los algoritmos y la calculadora y ya, en eso se defienden. Pero si tú los pones a que expliquen, a que dibujen, a que representen no, ellos ahí no funcionan, los estudiantes no funcionan ahí. Yo creo que todavía no tienen formación para eso. Hay que enseñarles si quiera a que cojan la habilidad de poner palabras. Pero esos estudiantes no los he vuelto a ver aquí, me imagino que salieron, seguramente. Eso es triste pero uno se queda por fuera de esa situación porque uno como la resuelve. Entonces por ejemplo los estudiantes que son así son muy de la vista, muy de que les den, que les entreguen, que todo se pueda tocar, que todo se pueda ver, todo es con los sentidos de primer orden. Entonces ellos van a hacer un procedimiento de segundo orden y ya no. Otros estudiantes son muy del esquema de algoritmos y la calculadora, esos estudiantes no están pensando sino en aprender de ese modo. Otros son muy, en lo que dijimos ahora: diga esto, coquito, ponga el ejemplo y pregunte parecido. Entonces hay muchos estilos de aprendizaje. Y de todos modos mi énfasis es en que los estudiantes conceptualicen y que utilicen el conocimiento para resolver problemas, yo eso si lo enfatizo mucho, y que aprendan a resolver situaciones nuevas, que uno no pregunta parecido ni nada, que se enfrente a lo nuevo con el conocimiento que han aprendido, pero también porque resolviendo problemas el estudiante puede aprender nuevo también en la solución del problema porque es capaz de hacer nuevas relaciones y presentar nuevas soluciones al problema. Entonces yo diría que aquí hay que considerar muchos estilos de los estudiantes según sus experiencias y cultura. Los que vienen de tales municipios los que son de otros municipios; los que vienen, por ejemplo de estas zonas de las comunas de Medellín, donde están todas las barreras, esas barreras invisibles esos son otros estudiantes. Yo tuve un curso donde había varios estudiantes en esa situación, un curso difícil. Entonces aquí en la universidad hay muchos estudiantes con muchos estilos y entonces uno tiene que hacer esfuerzos por cómo va a hacer para darles a todos algo que está en ellos, eso no es fácil. Entonces muchos hay que hacerlos sobre la marcha porque uno no puede aquí decir que el grupo que viene el próximo semestre es de tal modo, eso no se puede decir

Adriana (27:56): ¿Qué crees que deben saber los estudiantes para que aprendan el tema que están trabajando en este momento o la materia como tal?

P (28:09): Ahí lo más importante es la actitud, cual es la actitud para aprender, más que saber. Es más de... porque es que de saber sí pero si el estudiante no tiene una actitud propositiva, de querer aprender tal cuestión eso no funciona, no funciona mucho

Adriana (28:40): O sea, si además de que no tiene las bases y no tiene la actitud es grave

P (28:45): Exacto, en cambio hay estudiantes que no tienen las bases pero si tienen actitudes, y no solamente como capacidad sino actitud, digamos psicológica, de desear aprender y aprender significativamente y de comprometerse con aprender. Entonces cuando hay ese espacio, aunque no tenga las bases, las adquiere rápidamente. En cambio hay otros que tienen las bases, son incluso... tienen ciertas condiciones que les han facilitado buenos rendimientos y todo pero están ahí... con una actitud muy pobre a veces porque no quieren estudiar esto y están ahí porque les tocó, en fin, muchas

cosas tienen. Entonces es muy difícil, pueden tener las bases y todo pero si no quiere es muy difícil. Entonces hay una cuestión ahí de deseos, de apropiaciones, como culturales, psicológicas... porque aquí por ejemplo hay estudiantes que son muy pobres porque aquí los estudiantes en sí la mayoría son de estratos uno y dos. Aquí las condiciones socioeconómicas de los estudiantes no son las mejores, acá hay estudiantes en unas condiciones bastante limitadas sin embargo hacen grandes esfuerzos y salen adelante. En cambio otros en mejores condiciones socioeconómicas están ahí... no son de buen rendimiento o pueden ser de buen rendimiento pero no toman la iniciativa de participar, de estar en otras actividades entonces es muy difícil.

Adriana (30:58): ¿Qué grado de dificultad pueden tener los contenidos que se trabajan en estos cursos para los estudiantes?

P (31:07): A mí me han dicho que el grado de dificultad si es alto, pero es alto no por el mismo contenido en sí, sino porque ellos no han transitado experiencias de trabajar con lo abstracto

Adriana (31:18): Se debe a cómo se les ha enseñado la química en el bachiller y cómo la deben ver acá.

P (31:23): Porque aquí el curso es como regular y lo molecular es abstracto entonces ellos no tienen una experiencia de aprendizaje con lo abstracto y de aprendizaje con base a ser consiente en los conceptos, y a ser consiente en relaciones conceptuales, y a ser conscientes de dar explicaciones, ellos no han transitado esas experiencias. Entonces como no las han transitado el grado de dificultad es alto, yo si le reconozco eso

Adriana (31:58): ¿Ellos cancelan muy a menudo? o tratan de estar hasta el final.

P (32:01): No, en este curso hay una cosa muy interesante y es que... hace por hay unos seis años más o menos o un poquito más, están llegando muchos al curso y no cancelan, pero también se está dando que la mayoría gana. Yo me imagino que llegan por eso, porque la mayoría gana. Pero ellos también por los comentarios que hacen que uno escucha y le cuentan ellos dicen "allá hay que trabajar mucho pero se gana ¿cierto? otros dicen "allá hay que trabajar mucho pero se aprende". Por ejemplo en estos momentos están matriculados veintisiete, de modo regular asisten veintitrés, pero de esos veintisiete todavía ninguno ha cancelado. Hay cinco que son muy irregulares, están hoy, no vienen. Pero en el del semestre pasado había treintaicinco matriculados y terminaron treintauno, cancelaron cuatro. La cancelación es mínima en este curso mío, y llegan bastantes. Los cursos aquí no son con demasiados estudiantes.

Adriana (33:33): Sí, esa es la verdad.

P (33:34): ¿Cierto? entonces eso es una ventaja. Pero yo creo que en parte el hecho de que lleguen y que no cancelen es la confianza en que aunque tengan que hacer un esfuerzo y les toque trabajar un poco más fuerte sin embargo lo reconocen, pero aceptan el reto y permanecen y se esfuerzan. Mire que los del semestre pasado hicieron bastante esfuerzo al final y la mayoría gano el curso. Los que no lo ganaron es porque la final ellos tuvieron la oportunidad de rehacer una tarea y eso y no lo hicieron, ha bueno, es su decisión. Pero hace un tiempo este curso en ese sentido es bastante agradable para mí como profesora, porque llegan y se quedan y trabajan y la mayoría gana el curso, y ha habido semestres en que ninguno pierde, es que ha habido grupos muy trabajadores. Un grupo hace como dos años era un grupo trabajador, muy bueno. En cambio hay otros que no son así, entonces ahí hay que insistirles. En cambio hay grupos que uno les propone y pilosos

Adriana (35:00): Cuestionan más y... ¿Cómo puede ser la reacción de los estudiantes frente al curso o los temas que se trabajan, o cómo es esa reacción de ellos?

P (35:13): Para mí es de sorpresa, yo creo que ellos siempre están sorprendidos, eso es lo que me parece a mí, creo yo que están sorprendidos. Ellos son sorprendidos porque ellos...

Adriana (35:26): Como que ellos, además de que conocen los conceptos se lo muestran de otra manera eso no lo saben también.

P (35:33): Sí, ellos son sorprendidos “cómo así, y entonces”. Porque ellos tienen definiciones muy simples. Entonces cuando ven que eso es más complejo, que hay que ponerle más, que eso no es como ponerle los sentidos sino que es de otro modo ellos se van dando cuenta. Para mí ellos se mantienen en la actitud de sorpresa, como sorprendidos, porque ellos la experiencia que han adquirido es como que todo está ahí ¿cierto? entonces las cosas no son como complejas entonces no hay necesidad de profundizarlas. Entonces cuando ya ellos ven que hay más y más... que no es tan sencillo como pensaban, ellos tienen una actitud de sorpresa realmente. Y es interesante porque lo reconocen además ¿cierto? ellos reconocen que... hay frases de los estudiantes que ellos me escriben y yo las he ido guardando, archivando, porque son frases muy bonitas que expresan ellos que ellos sienten cuando pasan por el curso. Por ejemplo en estos días vino un estudiante, la semana pasada después de clase vino un estudiante y me dijo “vea profesora es que yo si no sé qué hacer, es que estoy como loco”, le dije “como así, que le pasa”, “profesora es que yo voy a unos cursos y todo es como tan fácil, todo es con esa calculadora, el profesor pone allá una formulas y uno se las aprende y de eso y le preguntan. Y uno llega a ese curso suyo y que los conceptos y que entienda... si, eso es bastante diferente. Entonces profesora yo soy como loco” Y yo le decía “no, eso no es como para estar como loco, eso es estar confundido, seguramente estas confundido” le dije yo, pero toca adaptarse a que hoy estas así y sales para otro de este modo, y reconocer que es distinto, que no es del mismo modo.

Adriana (37:55): ¿Qué dificultades pueden presentar?

P (37:59): ¿Para trabajar?

Adriana (38:00): Sí, trabajar los temas o la materia como tal

Flor María (39:04): La dificultad es los tiempos, porque un semestre cuando funciona aquí normal es relativamente corto porque son sesenta horas, y un tema puede que no sea largo en cuanto a mucho contenido pero de todas maneras eso tiene mucho y la otra dificultad es cuando hay aquí todos esos problemas de los disturbios, eso sí desorganiza mucho.

Adriana (38:49): Sí, se vuelve muy irregular más dificultad para los estudiantes.

Flor María (38:52): Porque los estudiantes como no tienen un ritmo o una autonomía entonces ellos pasan todo eso aunque tengan los documentos ellos no estudian.

Adriana (39:04): Sí, es cierto, se desconectan.

P (39:06): Ellos se desconectan porque si hubiera autonomía para estudiar y eso, ellos estudiaban y todo y... habría otra dinámica seguramente pero no pasa. Entonces uno tiene que aprender a adaptarse a eso y que los estudiantes también se adapten. Yo por ejemplo ahora no trabajo todos los contenidos que deben ser, el contenido que está establecido todo no se trabaja. Yo trato de cubrir lo fundamental que le sirva para eso que le está faltando y para los cursos nuevos que van a afrontar en el semestre siguiente, como de que tengan las bases para poder afrontar eso nuevo, que no se enfrenten en blanco a algo sino que ya tengan una estructura mental que les permita acceder a ellos con relativa facilidad y soltura.

Adriana (40:22): ¿Para un contenido elegido o para el curso como tal que actividades, modelos, analogías, metáforas, entre otras, utiliza? ¿O que fuentes para diseñarlas y replicarlas?

P (40:37): Yo si utilizo mucho modelos analógicos y utilizo mucho la habilidad de dibujar, de representar geoméricamente pero a pesar de que ellos supuestamente saben geometría ahí se nota que ellos no saben mucho leer dibujos, no ver los dibujos y no leerlos, dibujar con sentido, no dibujar por dibujar sino dibujar con sentido, porque se dibuja una esfera de un color determinado, porque se pone una conectiva, porque se pone angular, porque se pone lineal... y hay que usar muchos modelos así analógicos, que los puedan manipular y percibir. De todas maneras la molécula es abstracta pero esos modelos ayudan mucho a comprender, a visualizar, ayudan mucho a que se conforme un concepto de estructura en química. Hay que usar mucho los modelos porque de todas maneras como ellos le dan demasiado énfasis a la vista entonces eso ayuda mucho. Pero verlo no es suficiente. También hay que tener muchas veces experiencias de laboratorio, tener experimentos para mostrar sustancias, mostrar que son diferentes, mostrar que reaccionan diferentes. Hay que hacer experimentos con materiales para que ellos se den cuenta de las diferencias entre operar con los materiales y operar con modelos, eso está relacionado pero es diferente. No es lo mismo operar con modelos que operar con los materiales, pero tengo que operar con modelos para poder trabajar y comprender lo que opero con los materiales, con eso hay que ayudar mucho.

Adriana (42:53): ¿Considera que la planeación de la clase y sus actividades ayudará a la comprensión de los contenidos? y ¿Por qué?

P (43:02): Sí, yo creo que si ayuda mucho. Además yo lo hago porque veo que ellos lo necesitan. Yo no lo hago porque yo quiera llevarlos sino porque... lo que yo decida llevar a clase es porque los estudiantes lo necesitan, lo requieren para poder...

Adriana (43:17): Casi que lo piden.

P (43:18): Sí, lo piden por su modo de ser, por su modo de responder un problema, una pregunta, por su modo de preguntar en clase, como preguntan. Casi siempre los llevo es porque “a estos muchachos les está faltando esto” para ayudarlos a que comprendan porque es de interés que aprendan.

Adriana (43:48): ¿Con cuales actividades los estudiantes están más receptivos a los temas? ¿Qué ha notado usted que les favorece más?

P (43:57): Trabajar de modo colaborativo. Los estudiantes son muy poco de trabajar individual. Pero ellos se enfrentan a una contradicción muy tenas porque la universidad evalúa de modo individual. Por ejemplo yo tengo una evaluación que es el cuarenta por ciento y es fundamentalmente trabajo colaborativo, el sesenta por ciento se responde por un trabajo individual porque son dos parciales y dos quices, y el cuarenta por ciento si son trabajo colaborativo, de reconstrucción de tareas, de problemas. Incluso los mismos parciales y quices ellos los reelaboran y eso están en el porcentaje del cuarenta por ciento. Una vez un estudiante me dijo que porque yo no ponía eso mitad y mitad o le ponía el sesenta a las tareas y el cuarenta a los exámenes y yo le dije que no. ¿Sabe porque no he hecho eso? porque si no, no estudian, porque los estudiantes acá están muy en la disciplina de que preparan el quiz y el examen y que ahí están las notas. Entonces si uno no pone eso, ellos son esperando a que todo sea en grupo y entonces todo tampoco es en grupo porque ellos tienen que desarrollar una autonomía. Entonces ellos se dedican a esperar la tarea en grupo y procuran no hacer más nada. Es la experiencia que yo he percibido con ellos. Entonces yo por eso todavía hago dos parciales y dos quices. Y lo que sí tienen es que tanto en parcial como el quiz ellos lo reelaboran, yo se los corrijo y les pongo las notas, se los devuelvo y ellos lo devuelven corregido, y ellos a eso le trabajan bastante bien, ellos esa reelaboración si la hacen bien. Por ejemplo el grupo del semestre pasado muchos de ellos la reelaboración la trabajaron mucho y bastante bien cuando no entendían venían y preguntaban hasta que la hacían bien y ahí entregaban. Eso sí lo trabajan ellos bastante, en general todos los grupos esa reelaboración la trabajan bastante bien. Y en cierta forma ellos descuidan preparar eso porque después viene la reelaboración, porque ellos también me han dicho que la

reelaboración entre para corregir la nota, yo no he puesto todavía eso, entonces no preparan el examen. Es que no hay una formación que te permita hacer una evaluación que llegue al nivel de ser muy de autoevaluación, de que el estudiante responda con mucha responsabilidad, para mí todavía no hay esas condiciones, entonces yo por eso les reconozco ese cuarenta por ciento porque ellos ahí se afanan

Adriana (47:06): ¿Pero la reelaboración va en el cuarenta por ciento?

P (47:09): Sí.

Adriana (47:09): A, que bien.

P (47:10): Porque ellos para hacer las tareas ellos si se afanan. Por ejemplo ahora con lo del mapa conceptual de diagrama de fases, uno les dice “si me hace el favor y me hacen un mapa que es que eso quedó como no es” y ellos lo hacen, ellos hacen si eso, y ahí en ese trabajo ellos se colaboran porque pueden dialogar, se llaman, trabajan en grupo, etcétera. Digamos que por la cultura que tenemos acá nosotros, destinar todo de ese modo si... la parte de la formación autónoma si queda muy descuidada. Si uno hiciera trabajos de un proyecto y esos pero aquí yo no he logrado condiciones para hacer trabajos de esa clase.

Adriana (48:10): Bueno profesora la última pregunta ¿Qué tipo de evaluación lleva a cabo con sus alumnos?

P (48:22): La evaluación es a lo largo del curso, a lo largo de la asignatura porque te todas maneras en estos cursos la asistencia es obligatoria, pero yo llamo a lista no tanto porque es obligatoria sino para controlar quién estuvo y participó en el trabajo que se hizo ese día porque hay que estar controlando el día y quién estuvo, como casi siempre ellos trabajan en grupo un rato entonces hay que controlar que sí estuvo trabajando en un grupo, entonces yo llamo a lista más por eso, y porque a veces hay discusiones muy interesantes a raíz de las preguntas que ellos hacen. Entonces no es lo mismo estar ausente que haber participado en la discusión de la pregunta, y de haber escuchado a los otros compañeros como ellos intervienen frente a las respuestas de la pregunta. Yo llamo a lista no por controlar la asistencia que es obligatoria sino para controlar que está en la tarea.

(Para minimizar el volumen de información, las demás entrevistas se encuentran en una carpeta adicional).

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo 4. Notaciones Para La Transcripción

Símbolos	Descripción
(Comentarios)	Comentarios sobre el contexto, por ejemplo risas u otras acciones no discursivas etc. que van en cursiva y entre paréntesis.
[---]	Tres guiones entre corchetes indican que quién transcribe no comprende una o varias palabras del habla.
(.)	Paréntesis con punto. Una pausa corta, inferior a 2 segundos
(3)	Una pausa con indicación de los segundos. Para pausas de más de 2 segundos se indican los segundos en el paréntesis.
¿?	Signos de interrogación. Señalan una entonación interrogativa. No tienen corresponderse con preguntas.
¡!	Signos de admiración. Marcan partes del habla cargadas de afectividad, fuerza o vehemencia.
<u>Subrayado</u>	Subrayado. Señala el énfasis en sílabas o palabras completas. El subrayado localiza donde se produce el énfasis e indica su extensión.
:	Dos puntos. Señalan la prolongación del sonido inmediatamente anterior, ya sea vocal o consonante. Un mayor número indica mayor alargamiento.
°susurro°	Grados. Encierran un fragmento de habla que se produce con menor intensidad
>más rápido< <más lento>	Mayor que y menor que. Encierran fragmentos del habla en los que se producen cambios en la velocidad normal del hablante que implica ser mayor o menor que el resto adyacente.
[] =	Corchetes con igual. Indica que el habla de diferentes participantes se superpone.
Si-la-be-ar	Una o varias palabras separadas sus sílabas por guiones. Indica que ese fragmento de habla se ha dicho silabeando.
“ ”	Indica ventriculización por parte del hablante de la voz del otro. Ej. Profe yo cómo voy a tener una energía negativa “eso es ilógico”

Anexo 5. Ponencias, Artículos y Escritos derivados del Proyecto de doctorado

Ponencia: An alternative to qualifying transactions didactic science classes: The role of pair devolution-regulation (2014). Adriana Soto, Carlos Soto, Fanny Angulo. 2d International Congress of Science Education Foz do Iguaçu, PR, Brazil UNILA/PTI/ JSE

Ponencia: A teaching strategy to promote argumentation and critical thinking in environmental management class at the ITM (2014). Silvia Quijano, Adriana Soto, Miriam Gil. 2d International Congress of Science Education Foz do Iguaçu, PR, Brazil UNILA/PTI/ JSE.

Ponencia: Estudio Sistémico de la Relación entre los Procesos Didácticos, que tienen lugar entre Profesor y Estudiantes en una Clase de Estructura Atómica (2016). Adriana Soto. XIII LACCEI Conference 2016. San José Costa Rica.

Ponencia: Las transacciones didácticas en la construcción de significados en una clase de estructura atómica: El papel de la dupla devolución regulación (2014). Adriana María Soto Carlos Soto, Fanny Angulo. IV Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT.

Ponencia: Una experiencia didáctica de aula para incentivar la conciencia ambiental en el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) (2014). Silvia Andrea Quijano Pérez, Adriana Soto, Miriam Gil. Congreso Internacional Responsabilidad Social. Universidad Luis Amigó.

Ponencia: La dupla devolución-regulación como generadora de diálogos en una práctica de laboratorio sobre conservación de la energía (2012). Adriana María Soto, Carlos Soto Lombana, Fanny Angulo Delgado. III Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT.

Escrito corto: La argumentación como una competencia básica en las clases de ciencias. Adriana María Soto (2013). Periódico Institucional La Tekhné.

Escrito corto: La Educación Ambiental y el desarrollo del pensamiento crítico en las clases de ciencias. Adriana María Soto (2013). Periódico Institucional La Tekhné.

Escrito corto: Una experiencia de aula en la clase de Gestión Ambiental en el ITM. Adriana María Soto, Silvia Quijano, Miriam Gil (2014). Periódico Institucional La Tekhné.

Artículo: Estrategia didáctica basada en preguntas para favorecer el pensamiento crítico en la clase de gestión ambiental en el Instituto Tecnológico Metropolitano –ITM. Adriana María Soto, Silvia Quijano, Miriam Gil (2014). Revista Producción + Limpia (A2).

Artículo: Las transacciones didácticas en la construcción de significados en una clase de estructura atómica: el papel de la dupla devolución regulación. Revista Educyt 2015.

Anexo 6. Microcurrículo Curso Estructura Y Enlace Químico



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
INSTITUTO DE QUÍMICA

Curso Estructura y Enlace químico CNQ-190 (O1)

Semestre I: Mayo 08/Septiembre 24 2014

Profesora María Victoria Alzate Cano

PRESENTACIÓN

La educación tiene como meta la *formación humana* y ésta es *desarrollo* cognitivo, praxiológico y valorativo, es decir, *desarrollo del saber* (conocimiento conceptual), *del saber hacer* (conocimiento procedimental), *del saber ser* y *del saber convivir*. En este sentido los contenidos de enseñanza y de aprehendizaje se clasifican como conceptuales, procedimentales y actitudinales, son organizados en el currículo y en particular en el programa de asignatura.

La asignatura Estructura y Enlace Químico, es un componente de la fundamentación básica de los programas de Química y Tecnología Química, un componente curricular con la finalidad de potenciar las capacidades intelectuales, procedimentales y actitudinales de los estudiantes, mediante una enseñanza que propicie el aprendizaje significativo de los contenidos de la asignatura. Se pretende la integración de conocimientos ya adquiridos con los nuevos a desarrollar, así como a adaptar y reconstruir otros, y a construir nuevos cuerpos de conocimiento acerca de sustancias y moléculas y en particular una red de conceptos y procedimientos relacionados con la representación lingüística en química, la representación molecular corpuscular, estructural y geométrica, y el uso consciente de ellas y de modo explícito, en la resolución de situaciones químicas en contexto: sustancias, disoluciones acuosas y reacciones químicas.

Se resalta que es de alto interés en esta asignatura, el trabajo continuo y persistente del estudiante por la apropiación del conocimiento, consciente y constante a lo largo del tiempo, mediante la acción de enfrentar situaciones químicas contextualizadas, utilizando los conocimientos, reconstruyéndolos, adaptándolos y construyendo nuevos.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una enseñanza potencialmente significativa que estimule y propicie el aprendizaje significativo de los estudiantes acerca de un grupo de redes de conceptos básicos sobre sustancias, moléculas, estructura molecular y atómica, e integre éstos con la manipulación de la representación lingüística, molecular corpuscular, estructural, geométrica y como interacción de núcleo (s) y electrones, mediante la puesta en acción de situaciones químicas contextualizadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En esta asignatura deseamos que usted:

- a. Identifique, diferencie y explique:
 - Los modelos moleculares: corpuscular, estructural, geométrico y de núcleos y electrones.
 - Moléculas mononucleares (átomos) y polinucleares; moléculas discretas, agregados moleculares y moléculas red.
- b. Identifique y explique la estructura atómica y el modelo de la configuración electrónica.



- c. Reconozca, diferencie, explique y relacione modelos y teorías para:
 - El enlace químico intramolecular: iónico, covalente, metálico y de dispersión.
 - El enlace químico intermolecular: dipolo-dipolo, ion-dipolo y de dispersión.
- d. Manipule en contexto de modo adecuado y estético:
 - Palabras y proposiciones químicas, símbolos elementales, fórmulas químicas relativas y moleculares, y ecuaciones químicas.
 - La representación molecular corpuscular, estructural y geométrica.
- e. Interaccione con situaciones químicas y ponga en acción redes conceptuales, procedimientos y actitudes propositivas para lograr soluciones adecuadas.
- f. Explícite argumentos, explicaciones, inferencias y resultados cuando interacciona con situaciones ya sean concretas o abstractas.

De otra parte, la apropiación de redes de conceptos en torno a moléculas y estructura molecular, y su utilización al enfrentar situaciones químicas en contexto, demanda del conocimiento, experiencias y lenguajes previos ya adquiridos y en vía de desarrollo a niveles de mayor profundidad y complejidad, y de modo particular, el conjunto de ellos que están implicados en el reconocimiento, diferenciación y planteamiento de argumentos, explicaciones, inferencias y relaciones con respecto a:

- g. La estructura de la tabla periódica y la periodicidad química en términos de:
 - clasificación de sustancias simples: metales, no metales, semimetales o metaloides.
 - propiedades químico-físicas;
 - estructura atómica o configuración electrónica de los átomos;
- h. Sustancias simples y compuestas; mezcla homogénea en diferentes fases; mezcla heterogénea; reacción química y clases de reacciones químicas; propiedades químico físicas de la sustancia y de la mezcla.
- i. El concepto de mol y su interface entre sustancias y moléculas.

CONTENIDOS

Contenidos conceptuales nuevos: tratamiento para la apropiación de los siguientes conceptos:

- Lenguaje químico: símbolos elementales, fórmulas químicas, ecuaciones químicas y grupos funcionales.
- Modelo molecular corpuscular y representación de situaciones químicas.
- Fórmulas estructurales y estructura como geometría molecular: moléculas discretas, agregados moleculares y moléculas red.
- Enlace químico: clases de enlace químico [intramolecular: covalente, iónico, dispersión, metálico; e intermolecular: dispersión, enlace de hidrógeno, dipolo-dipolo, ión dipolo; y características del enlace: longitud, energía, ángulo, polaridad.
- Modelo atómico y lectura de la configuración electrónica.
- Estructura atómica, números cuánticos, orbitales atómicos y configuración electrónica.
- Teorías de enlace químico: enlace iónico (ciclo de Born-Haber); enlace covalente (teoría de la repulsión electrónica-geometría molecular; teoría de enlace de valencia).

Contenidos conceptuales previos

- Sustancias, clases de sustancias, fórmulas químicas de composición (relativa y molecular) y comportamientos químico-físicos (diagrama de fases, mezcla acuosa, reacciones químicas).



- Tabla periódica, estructura de grupos y períodos y clasificación de las sustancias simples.
- Tabla periódica y periodicidad de propiedades de sustancias: temperatura de fusión y entalpía de fusión ΔH_{fus} , temperatura de ebullición y entalpía de ebullición ΔH_{eb} .
- Tabla periódica y periodicidad de propiedades atómicas: radio atómico, ionización 1, afinidad electrónica, electronegatividad.
- Tabla periódica, relaciones de periodicidad de la configuración electrónica.

Contenidos procedimentales: habilidades que ayudan al estudiante a construir redes de conceptos y a enfrentar situaciones:

- *Cognitivos:* comparar, diferenciar, clasificar; estructurar de modo jerarquizado ideas y datos; explicar; argumentar; interpretar; inferir.
- *De comunicación* (-expresión oral – escrita – explicación - comprensión-): identificación y lectura reflexiva de material escrito, icónico, diagramático, gráfico; elaboración de textos descriptivos y explicativos, de informes estructurados a partir de un guión de preguntas; plantear inferencias a partir de la información.
- *De representación:* en el ejercicio de la identificación, lectura e interpretación, representación y resolución de situaciones químicas, utilizar de modo adecuado palabras químicas, símbolos elementales, fórmulas químicas de composición (relativa y molecular) estructurales y geométricas, ecuaciones químicas, modelos químicos, matemáticos y físicos.
- *Metacognitivos:* construcción y reconstrucción de mapas conceptuales, auto-corrección de tareas y evaluaciones, auto-reflexión acerca de lo aprehendido.
- *Operacionales:* construcción y manipulación de modelos; resolución de tareas y problemas: identificación de variables, relaciones entre variables, ensayos para resolver el problema, consideraciones de aproximación y validez de soluciones a situaciones químicas.

Contenidos actitudinales: desarrollo del saber ser y del saber convivir:

- Responsabilidad individual y pasión por aprehender el conocimiento químico.
- Compromiso con el aprehendizaje y el desarrollo de la autonomía intelectual.
- Participar del trabajo en grupo de modo colaborativo, entusiasta y propositivo.
- Respeto por las ideas del otro y por los criterios de la publicación científica.
- Esfuerzo continuo por la calidad estética de la representación en química.

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE:

La evaluación se estructura como reguladora y autoreguladora. La evaluación reguladora se considera como formativa, sumativa y recursiva. *Formativa:* evalúa el progreso del estudiante a lo largo de una etapa de aprehendizaje mediante la participación con preguntas, explicaciones, trabajo colaborativo e individual, resolución de problemas, construcción de representaciones y de modelos moleculares. *Sumativa:* evalúa el alcance de determinado(s) objetivo(s) durante una o varias etapas de aprendizaje. *Recursiva:* evalúa rehacer tareas, preguntas, explicaciones, mapas conceptuales u otras acciones de aprendizaje que implican reconstrucción. La evaluación autoreguladora corresponde a actividades de autoevaluación y de coevaluación.

- | | |
|--|-----|
| a) <i>Formativa</i> – recursiva (durante el desarrollo de la asignatura). | 15% |
| b) <i>Sumativa</i> Dos parciales, cada uno 20%. | 40% |
| c) <i>Sumativa</i> Quis (2). | 20% |
| d) <i>Formativa</i> – <i>recursiva</i> (durante el desarrollo de la asignatura). | 15% |

1 8 0 3



e) *Formativa – recursiva* durante el desarrollo de la asignatura

10%

Fechas de evaluaciones:

Quis: junio 17; agosto 14.

Parciales: julio 17; septiembre 16.

BIBLIOGRAFÍA

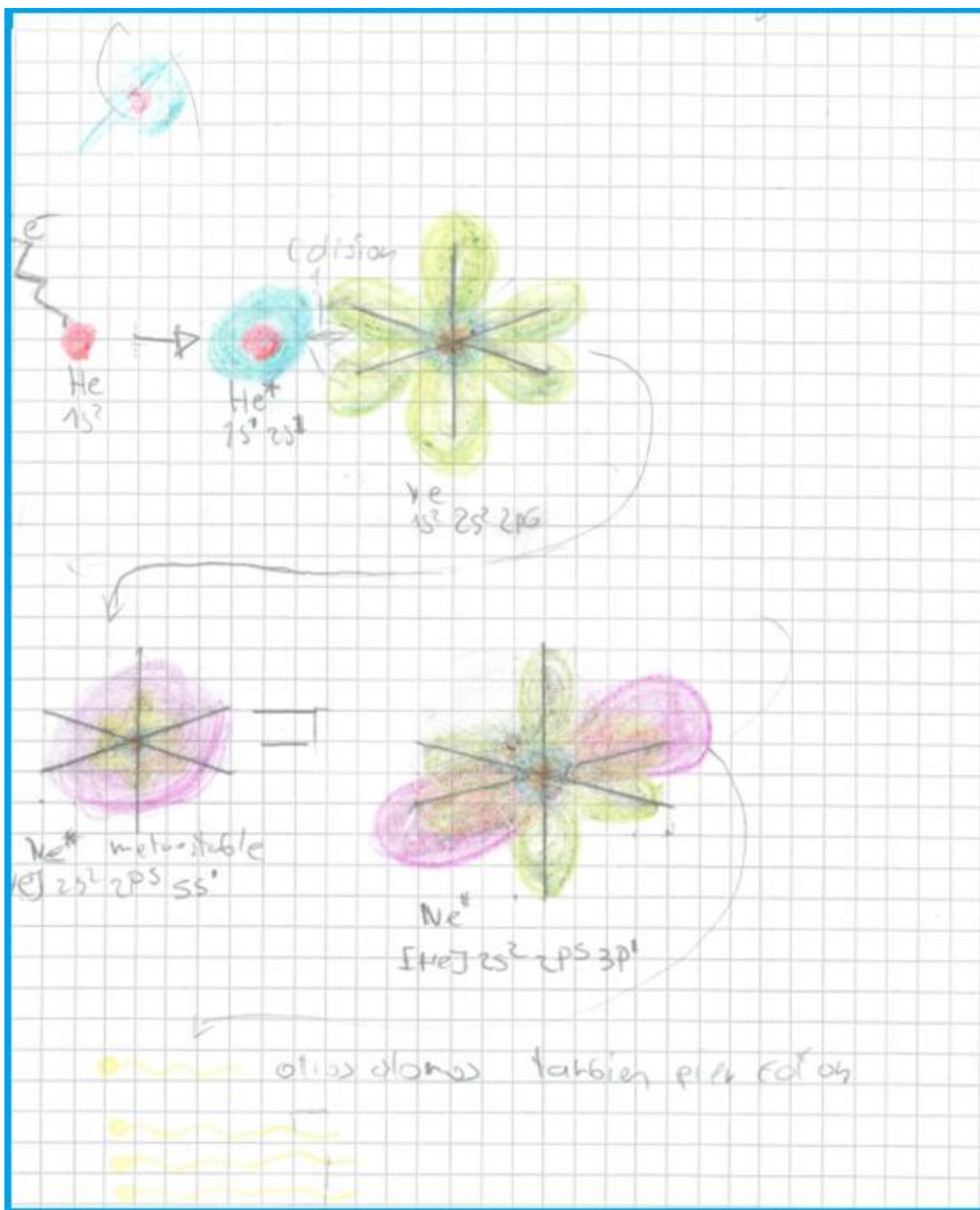
- Alzate, C. María Victoria. (2014), *Módulos asignatura Estructura y Enlace Químico*, documento interno.
- Chang, Raymond. (2007). *Química*, Editorial MacGraw Hill, Novena Edición, México.
- Petrucci, Harwood, Herring. (2006). *Química General*, Prentice Hall, octava Edición, Madrid.
- Whitten, K., Davis, R., Peck, L. Stanley, G. (2008). *Química*, CENGAGE Learning, Octava Edición, México.
- Oxtoby, D., Gillis, H. P., Campion. (2010) *Principles of Modern Chemistry*, Sixth Edition, Thomson, Brooks/Cole, USA.

REFLEXIÓN

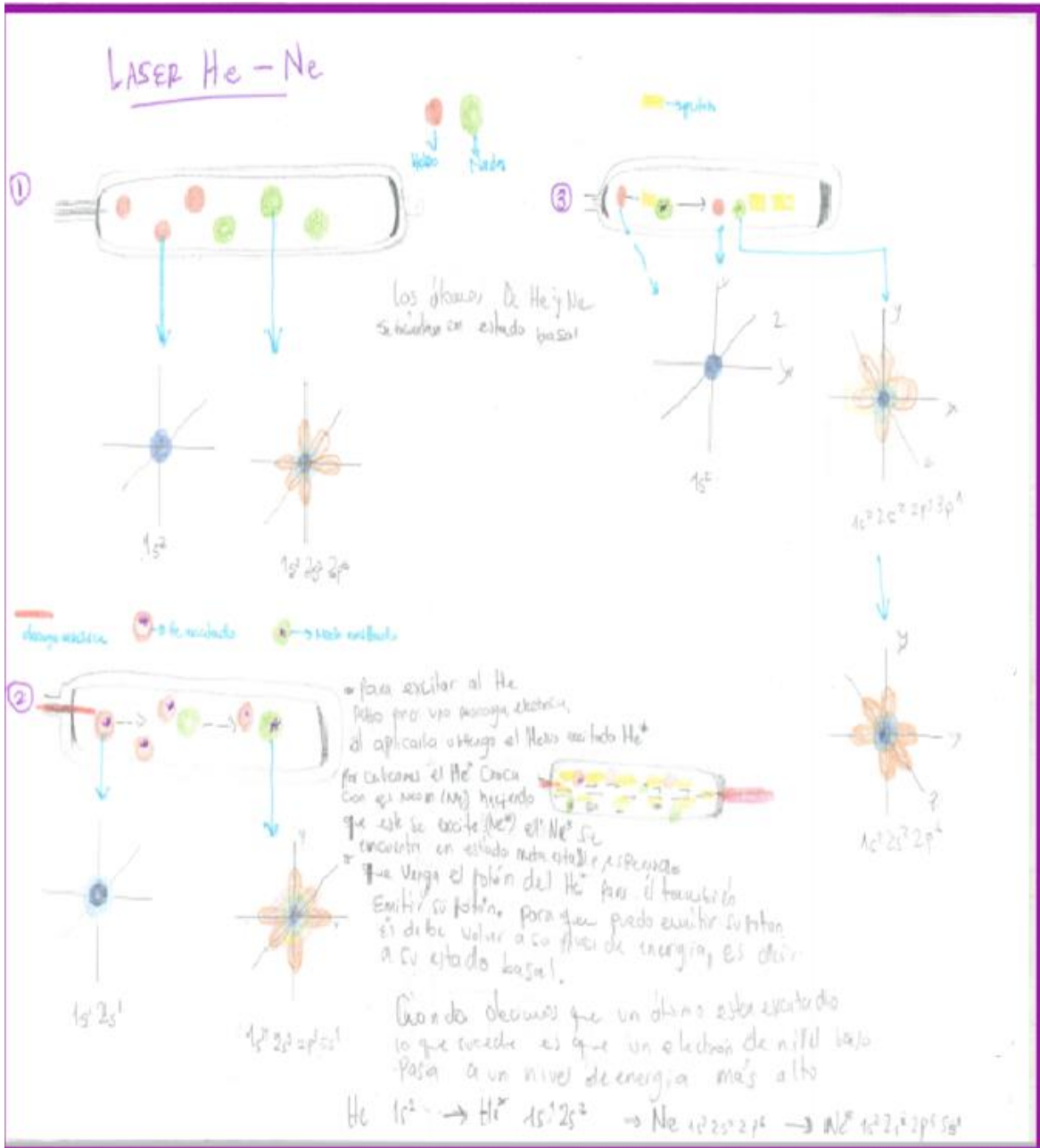
“La escuela, naturalmente, no puede asumir nunca la responsabilidad completa de que el estudiante aprenda. Éstos deben realizar su propia parte, aprendiendo activa y críticamente, persistiendo en aprender y atender a lo que se les enseña, integrando las nuevas tareas de aprendizaje con los conocimientos previos y la experiencia idiosincrásica, traduciendo los nuevos enunciados a sus propios lenguajes, esforzándose por cuenta propia en dominar las materias nuevas y difíciles, planteando preguntas significativas, y emprendiendo conscientemente los ejercicios de solución de problemas que se les asignen; pero de esto a asignarle al alumno que lleve la carga completa de su propio aprendizaje hay una gran distancia” (Ausubel, 1976, pág. 50/51)¹

Anexo 7. Tareas de los estudiantes

Anexo 8.1 Tarea sobre el láser



Aquí el estudiante representa los átomos de He y Ne de acuerdo al modelo cuántico del átomo, también usa la distribución electrónica.




El estudiante realiza esquemas que representan el sistema láser He-Ne, dibuja los átomos de acuerdo al modelo cuántico del átomo, tiene en cuenta la distribución electrónica y usa ecuaciones químicas.





Lasers de He y Ne.


La luz roja que observamos en un laser es gracias a las fuertes colisiones que se producen en un tubo, en cuestión de microsegundos con ayuda eléctrica.

la mezcla He y Ne, producen luz roja, y para que esto sea posible ocurre:

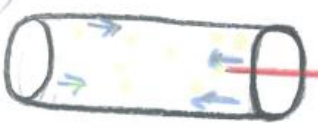
- 

→ He y Ne en un tubo que recibe una radiación (descarga eléctrica, e^- de alta energía).
- 

→ el He es el primero en excitarse durante el proceso
- 

al volver a su estado basal el átomo libera energía, ya que se regresa el e^- excitado, esta energía liberada en forma de luz es un fotón.
- 

átomo de Ne excitado

→ el átomo de Ne, también excitado pero en un estado metaestable, espera a que los átomos de He, le transfieran esa energía de excitación por medio de colisiones
- 

→ dentro del sistema, los fotones, (luz) salen por uno de los espejos reflectores con una longitud de onda que se percibe como luz roja.

→ la luz roja, como nuevo aporte aprendido es entonces el producto de colisiones entre átomos excitados que liberan energía, con ayuda de una radiación que acelera el proceso.

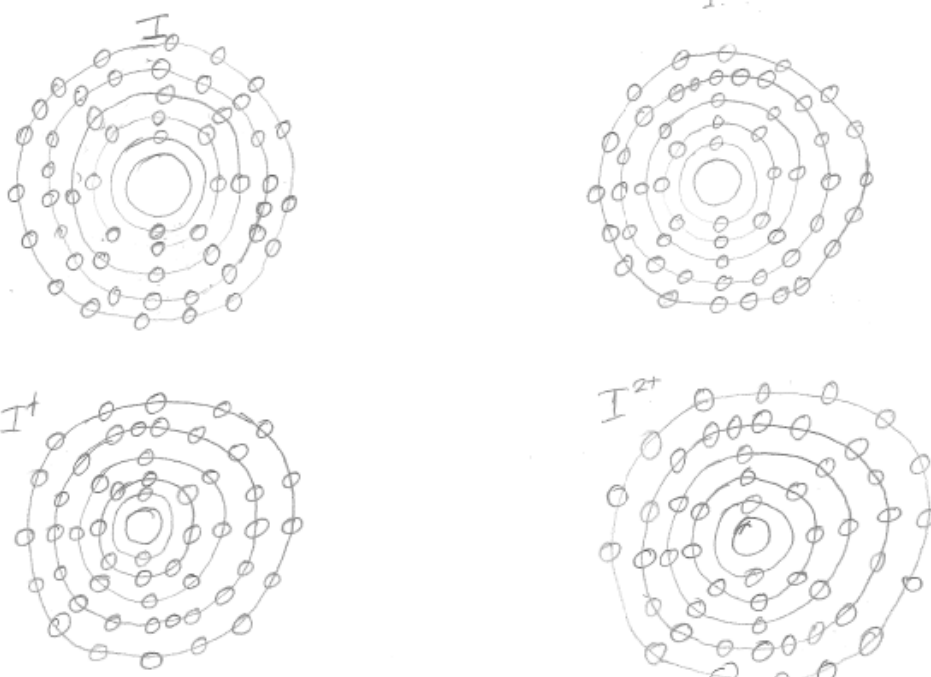
Conceptos → fotón → energía.
→ átomo excitado → radiación
→ colisión

El estudiante hace uso de esquemas que representan el sistema láser He-Ne, hace la distribución electrónica, no usa la representación del átomo enseñado y se inclina más por argumentar lo que entiende.

Anexo 8.2. Tarea sobre energías de Ionización (tema visto antes del modelo mecánico-cuántico del átomo)

Los estudiantes hacen uso del modelo de Bohr en sus tareas, cuando se les pregunta el por qué, responden:

$I(g) + e \rightarrow I^- \rightarrow$ $1^{ra} AE = 235.20 \text{ kJ/mol}$
 $7s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$ $7s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$
 $4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^4, 4d^{10}, 5p^6$ $4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^4, 4d^{10}, 5p^6$
 $Z = 53$ $Z = 53$
 aquí no se rompen



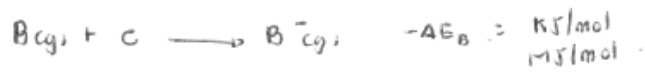
Estructura enseñada en el cole y reexplorada por mi compañero.

“Estructura enseñada en el cole y reexplorada por mi compañero” (lo escribió el estudiantes al final de la hoja)

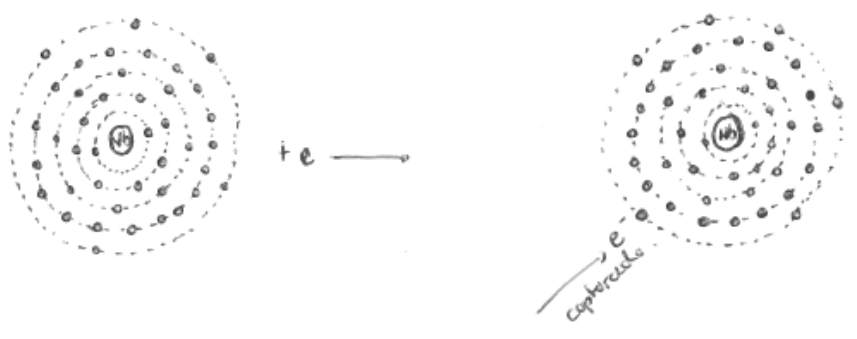
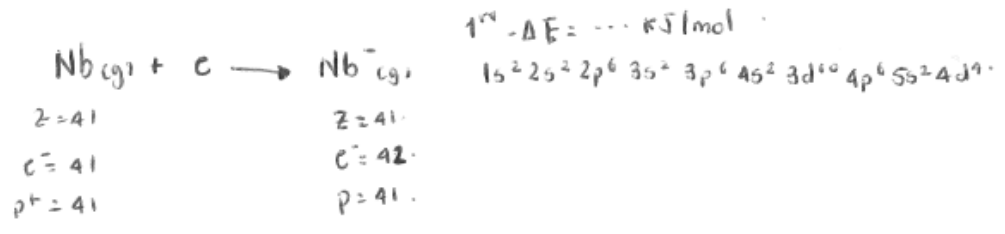
Escribir Ecuación y Estructura primera afinidad electrónica. Luis Fernando Morante

ΔE energía Necesaria o implicada en el proceso de captar electrones refiriéndose a la sustancia simple atomizada.

Proceso Exotermico.



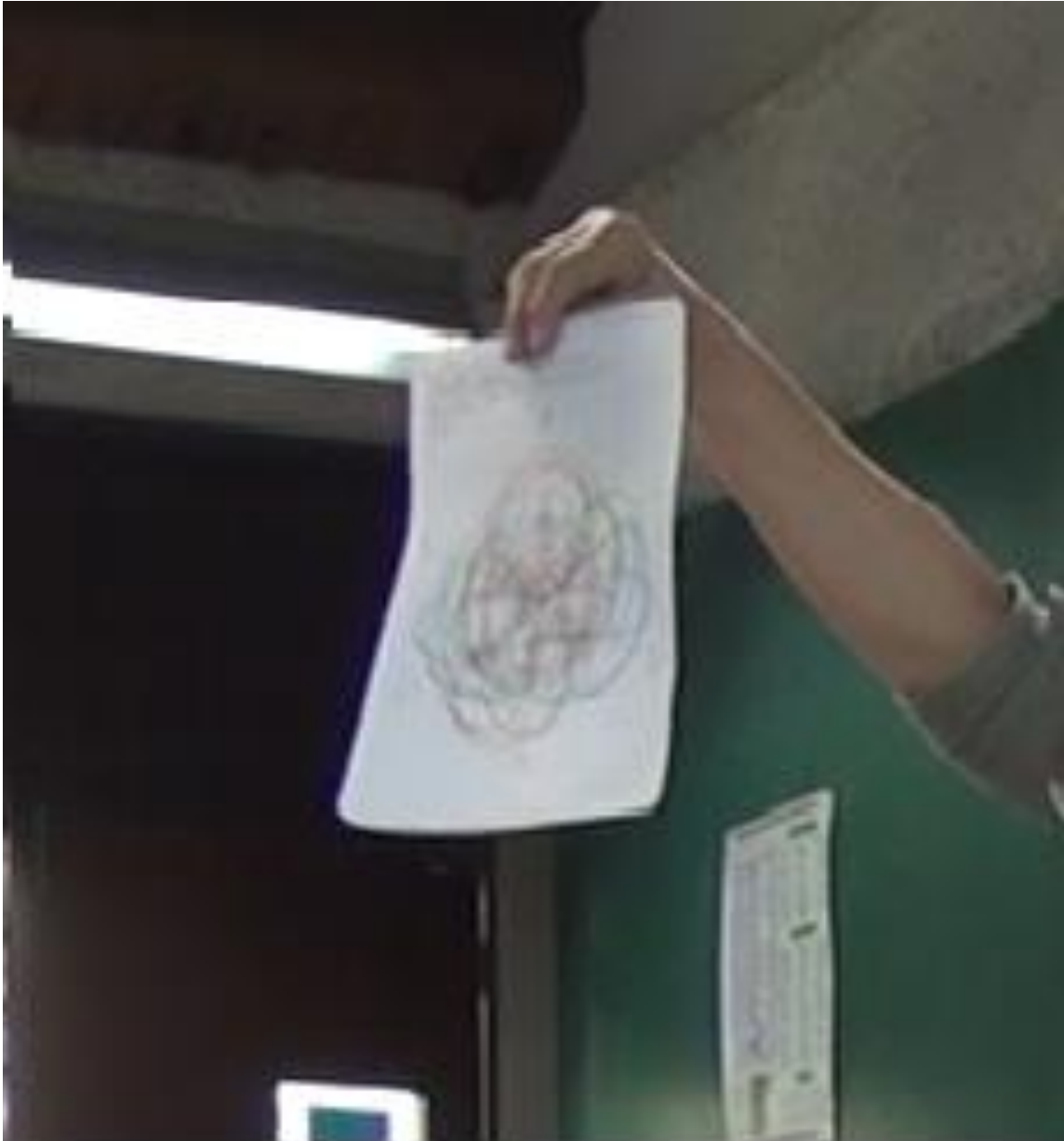
Para el ${}_{41}Nb$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^3$



La representación anterior de la interacción de núcleos y electrones se debe a varias cuestiones: 1) alguna vez vi una representación similar en la secundaria o 2) En un libro de química de acuerdo con la representación de Bohr.

El estudiante expresa lo siguiente: “la representación de la interacción de núcleo y electrones se debe a varias cuestiones a) alguna vez vi una representación similar en secundaria, b) En un libro de química de acuerdo a la representación de Bohr”.

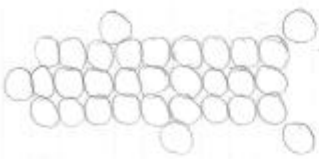
Anexo 8.3. Dibujo del átomo de acuerdo al modelo cuántico realizado por Judith

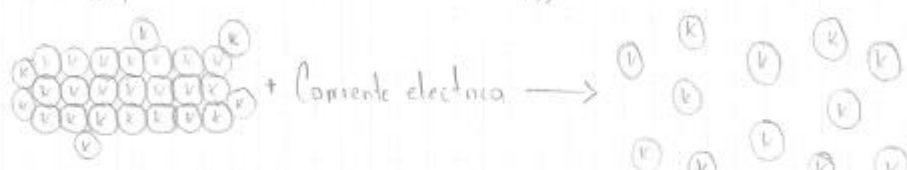
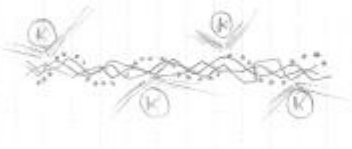


Anexo 8.4 Ejemplo de las representaciones que hacen los estudiantes del modelo mecánico-cuántico del átomo en los exámenes finales del curso.

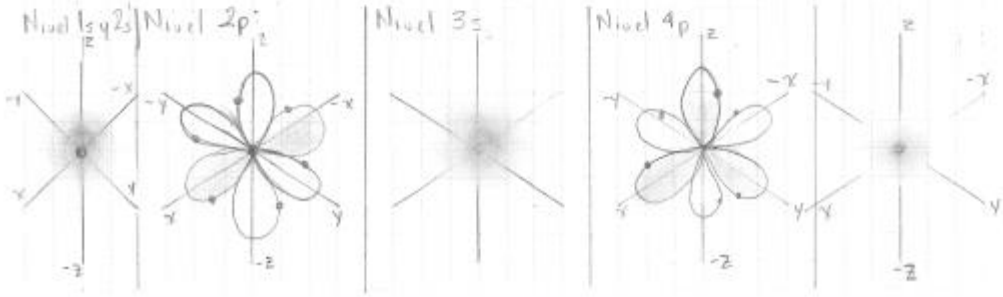
En los dos siguientes parciales los estudiantes representan el átomo de acuerdo al modelo mecánico-cuántico del átomo de forma ordenada, teniendo en cuenta los ejes y los aprendizajes adquiridos en esta aula.

B. Transiciones electrónicas:

- Tenemos potasio metálico:
 
 → Representamos el potasio, como una red molecular por su estado metálico (sólido).
- Atomización del potasio:

$$K_{(m)} + \text{corriente eléctrica} \rightarrow K_{(g)} \text{ (Potasio atomizado)}$$

 + Corriente eléctrica →
 - Representación del potasio atomizado. moléculas discretas.
- Choque de los átomos de $K_{(g)}$ con electrones de la corriente eléctrica:
 
 - Corriente eléctrica
 - electrones de alta velocidad de la corriente eléctrica
 - Choque de átomos de $K_{(g)}$ con e^- de la corriente eléctrica.
- Representaré los procesos de absorción y emisión de energía por medio de estructuras atómicas:

1) Estructura atómica de átomo de K en su estado basal. $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1)$

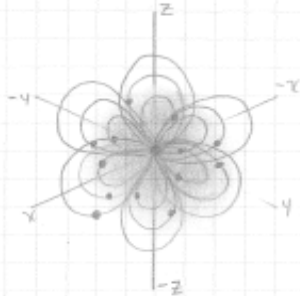


• Ahora representaremos 3 situaciones de excitación del átomo de K

1) K^* cuando un e^- de valencia del nivel 4s pasa al nivel 4p

$K(19) + \text{Choque con } e^- \text{ de la C.E.} \rightarrow K^*$ y su C.E. es $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4p^1$

Estructura atómica:



→ Podemos observar el átomo de K y su estructura atómica, un orbital más grande que otro indica un nivel mayor en el número cuántico principal pero el mismo momento angular, en este caso P.

Los orbitales del momento angular S están llenos, excepto el del nivel 4 ya que el e^- de valencia de ese orbital pasa a haber parte del nivel 4 y momento angular P.

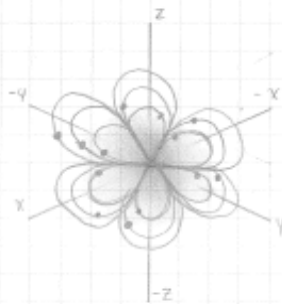
Función de onda, para este caso elegimos el electrón de valencia 4s¹

n	L	m	s	$\psi_{n,l,m,s}$
4	0	-4	$\pm 1/2$	$\psi_{4,0,-4,1/2}$ $\psi_{4,0,-4,-1/2}$

2) Cuando un electrón del nivel 3s pasa al nivel 4p

K^* + choque de e^- de la C.E. $\rightarrow K^*$ y su C.E. es $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^6 4p^1$

Estructura atómica:



Los orbitales del momento angular S están llenos excepto el del nivel 3 ya que 1 electrón de ese nivel saltó al nivel 4p

Función de onda, para este caso elegimos el electrón del nivel 3 y momento angular S

n	L	m	s	$\psi_{n,l,m,s}$
3	0	-3	$\pm 1/2$	$\psi_{3,0,-3,1/2}$ $\psi_{3,0,-3,-1/2}$

Anexo 8. Transcripciones de los episodios de la sesión 2 con sus respectivos análisis

Qué entiendes por átomo?

(7) P: [REG<] Bueno, entonces yo pregunto. (5) <Sofía Gómez> ¿Qué entiendes por átomo?

(8) Sofía: <Átomo es como la unidad fundamental de la materia, es algo muy complejo porque posee unas características...>

(9) P: ¿Cómo? en voz alta que todos escuchemos.

(10) Sofía: Es como la unidad fundamental de la materia.

(11) P: [REG<] ¿Por qué planteas que el átomo es la unidad fundamental de la materia? ¿Qué quieres decir con eso? (3s) ¿Qué significas tú con decir que es la unidad fundamental de la materia?...

(12) Sofía: <También se puede decir que el átomo es la... es positivo respecto al núcleo...>

(13) P: ¿Qué más vas a decir?

(14) Sofía: [DEV<] Se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...

(15) P: ¿Se caracterizan por qué? Duro que no se escucha.

(16) Sofía: <...Y unos orbitales atómicos, y se da una interacción entre los mismos electrones y con otros electrones produciendo una electricidad de atracción... electricidad de atracción y electricidad...>

(17) P: ¿Electricidad?

(18) Sofía: Fuerza de atracción y fuerzas magnéticas.

(19) P: [REG<] Pero ¿Qué quieres decir con unidad fundamental de la materia? (.) ¿Qué quieres decir con eso? ¿Qué quieres decir con materia?

(20) Sofía: <Todo lo que ocupa un espacio.>

(21) P: ¿Cuál es la unidad fundamental del agua? de acuerdo a lo que estas planteando.

(22) Sofía: <La unidad fundamental sería el hidrógeno y el oxígeno.>

(23) P: ...Fernanda ¿Tú qué opinas de lo que ha dicho Sofía? (4s) ¿Tú estás de acuerdo con que el átomo es la unidad fundamental de la materia? y ¿estás de acuerdo con que la unidad fundamental del agua son el hidrógeno y el oxígeno?

En los turnos 7 y 9 por medio de un acto devolutivo, la estudiante emplea un léxico cercano a la definición y reformula con palabras propias las respuestas del átomo que hacen parte del

proyecto didáctico de esta clase (el núcleo del átomo interactuando con los electrones en los orbitales). Aquí se evidencia que la estudiante hizo uso de la memoria didáctica, al repetir las definiciones planteadas en los documentos de trabajo elaborados por la profesora, y lo encontrado en la literatura. Con lo anterior también se puede decir que la estudiante introduce al medio el léxico empleado en sus definiciones (14, 16 y 18), pero el medio todavía no se estabiliza ya que la estudiante habla de fuerzas de atracción y fuerzas magnéticas (18); quedando aún elementos que se deben concretar y aclarar (las fuerzas de repulsión por ejemplo), es por ello que la profesora sigue preguntando a otros estudiantes.

En los turnos 11 y 13 la estudiante al seguir siendo cuestionada por la profesora, introduce otros elementos de su saber a la definición que está expresando (saber epistémico). A su vez en este episodio se da un movimiento topogenético, ya que la estudiante asumió el rol que le corresponde en este momento en la clase, responder las preguntas haciendo uso de saberes previos.

En los turnos 9 y 15, la profesora recuerda a la estudiante una parte del contrato didáctico: subir el tono de voz para que los compañeros escuchen. Este tipo de intervenciones está más relacionado con la estructura de la actividad que del contenido, y ejercen un cierto control del comportamiento de los estudiantes en la clase. Algo similar ocurre cuando la profesora pide silencio o pide que se escuche el aporte de un compañero.

Con respecto a la profesora, está instalando el medio y modifica las preguntas constantemente (17), con la intención de que los estudiantes tengan claros unos conceptos que deben usar para resolver un ejercicio posterior. Se nota también que en repetidas ocasiones en la clase, la profesora corrige algunos términos no empleados adecuadamente por los estudiantes, es el caso del turno 18 en donde la estudiante habla de electricidad de atracción en lugar de fuerzas eléctricas de atracción. Para esta alumna es más fácil recordar la palabra “electricidad”, por ser usada en el cotidiano, que fuerza eléctrica y lo que hace es “relacionar” ambos términos.

Es importante resaltar que la estudiante en el turno 8 usa una palabra que la profesora ha repetido varias veces en sesiones anteriores, al referirse al átomo según el modelo mecánico-cuántico, y es decir que el átomo es algo muy “complejo”. Estas expresiones dejan huella en

los estudiantes quienes las evocan en sus explicaciones, tal vez para justificar algo que no comprenden o se les dificulte expresar en el momento.

Al final del episodio (23) se evidencia una situación de validación que de acuerdo a Brousseau (1995), se da cuando en este caso la profesora, una vez que los estudiantes han interactuado de forma individual o de forma grupal con el medio didáctico, pone a juicio de un interlocutor el producto obtenido de esta interacción tal como se observa a continuación.

(23) P: ...Fernanda ¿Tú qué opinas de lo que ha dicho Sofía? (4s) ¿Tú estás de acuerdo con que el átomo es la unidad fundamental de la materia? y ¿estás de acuerdo con que la unidad fundamental del agua son el hidrógeno y el oxígeno?.

Esta conversación continúa en el episodio 3.

Episodio 3

La unidad fundamental del agua son el hidrógeno y el oxígeno?

(24) P: El agua (6s) ¿hidrógeno y oxígeno? es lo fundamental del agua. (4) Fernanda ¿Tú qué opinas de lo que ha dicho Sofía? (4) ¿Tú estás de acuerdo con que el átomo es la unidad fundamental de la materia? y ¿estás de acuerdo con que la unidad fundamental del agua son el hidrógeno y el oxígeno?

(25) Fernanda: [DEV<] <Pues yo he escuchado que hay una interacción entre el hidrógeno y el oxígeno. (.) Y con respecto a si es la unidad fundamental de la materia, no sé (9s) es la (3s) es la inducción de núcleo con la interacción que hay entre los electrones y el núcleo.>

(26) P: Pero ¿te estas refiriendo a quién?

(27) Fernanda: Al átomo como tal.

(28) P: Al átomo.

(29) Fernanda: La constitución de éste, está entre el núcleo y los electrones que se encuentran en el orbital. Entonces hay una interacción tanto del núcleo con los electrones y de los electrones con los electrones, y se puede generar un campo magnético o un campo eléctrico ya sea de atracción o de repulsión.

(30) P: [INST<] ¿Qué más Fernanda? (23s) o sea que tú estás pensando que el átomo son interacciones entre el núcleo y los electrones, y entre los electrones, y estás también considerando que en esas interacciones se desarrollan fuerzas magnéticas y eléctricas, eso es lo que estás diciendo... Mateo ¿estás de acuerdo con Fernanda?

(31) Mateo: > Sí porque el átomo es un conjunto de partículas que está compuesto por un núcleo y electrones y, según entiendo, el núcleo contiene los protones y los electrones están orbitando en órbita alrededor del núcleo. <

(32) P: ¿Orbitando?

(33) Mateo: En orbitales.

(34) P: En los orbitales.

La estudiante asume su parte en el juego didáctico e introduce nuevos elementos a su definición de átomo, haciendo alusión a los conceptos esperados (25) “...hay una interacción tanto del núcleo con los electrones y de los electrones con los electrones, y se puede generar un campo magnético o un campo eléctrico ya sea de atracción o de repulsión”. Pero no responde la pregunta puntual de la profesora, ya que se le cuestionó sobre “Tú estás de acuerdo con que el átomo es la unidad fundamental de la materia? y ¿estás de acuerdo con que la unidad fundamental del agua son el hidrógeno y el oxígeno?”. La respuesta de la estudiante es “Pues yo he escuchado que hay una interacción entre el hidrógeno y el oxígeno. Y con respecto a si es la unidad fundamental de la materia, no sé, es la... es la inducción de núcleo con la interacción que hay entre los electrones y el núcleo”.

Al final la estudiante responde algo que no tiene mucho que ver con la pregunta de la profesora, y se enfoca en una de las ideas centrales que se han venido trabajando en la clase, interacciones entre electrones y núcleo (fuerzas de atracción). Esta situación se presenta cuando los estudiantes por tratar de expresar algo que en el momento no saben o no recuerdan, acomodan o desvían la respuesta de la pregunta a las ideas trabajadas hasta el momento, porque creen que al ser este el tema central, todas las respuestas deben conducir a lo mismo. En este caso la estudiante en sus dos respuestas introduce la palabra “interacción”, tanto para el hidrógeno y oxígeno como para los electrones y núcleo.

En el turno (30) la profesora hace institucionalización de lo dicho por la estudiante, y para ello se apoya en una situación de validación muy usada en esta clase en particular. Pero espera que la validación la realice otro estudiante, al preguntarle si está de acuerdo con la respuesta de su compañera como se muestra a continuación:

(30) P: ¿Qué más Fernanda? (23s) o sea que tú estás pensando que el átomo son interacciones entre el núcleo y los electrones, y entre los electrones, y estás también considerando que en esas interacciones se desarrollan fuerzas magnéticas y eléctricas, eso es lo que estás diciendo... Mateo ¿estás de acuerdo con Fernanda?

En el turno 31 el estudiante usa la palabra “conjunto” para referirse al átomo, y la profesora pasa por alto este término que si corrige en el siguiente episodio (4), ya que en este momento se centra más en la palabra “orbitando” que también usa no adecuadamente el estudiante.

En los turnos 32 y 33 la profesora corrige sobre el uso de la terminología adecuada para el modelo en estudio, el mecánico-cuántico. Se sigue repitiendo muy a menudo que los estudiantes usan términos propios del modelo de Bohr, (orbitando en “órbitas” en lugar de “orbital”). Las dos palabras son muy similares en escritura y fonética pero muy diferentes en significación. En este caso se continúa haciendo uso de un conocimiento anterior, y que está presente en los estudiantes por las formas como se les ha enseñado el modelo atómico en anteriores experiencias académicas, en donde se toma como referencia este modelo. También se puede deber a que los estudiantes se quedaron con el modelo que les resultó más sencillo de representar y comprender por ser la información de la que dispone (esto se evidenció en una de las conversaciones de la profesora con un estudiante en clase, en donde él decía que el modelo planetario era más fácil de dibujar y entender), además la profesora lo comenta en la entrevista 2, p. 2.

“El problema es que la mayoría de los estudiantes trasladan términos de antiguos modelos atómicos al nuevo modelo”. Según Brousseau (1995), a esto se le podría llamar obstáculo epistemológico y lo define como un conocimiento que fue ventajoso en determinado ámbito, pero se revela falso o inadaptado en un ámbito nuevo o más amplio. El obstáculo no desaparece en el aprendizaje del nuevo conocimiento, por el contrario opone resistencia a su adquisición, a su comprensión, frena su aplicación, subsiste en estado latente y reaparece en forma imprevista cuando las circunstancias lo permitan (p. 45-46).

En el siguiente episodio se introduce el concepto de molécula.

Episodio 4

Qué entienden por molécula?

(35) P: Pablo ¿qué entiendes por átomo de sodio?

(36) Pablo: <Un conjunto donde interaccionan el núcleo y electrones en el cual el núcleo hay once protones y por ende deben de haber once electrones>.

(37) P: ¿Qué más piensas del átomo de sodio?

(38) Pablo: Interacciones eléctricas.

(39) P: ¿Cuáles interacciones eléctricas?

(40) Pablo: De atracción y repulsión.

(41) P: ¿Cuáles? ¿Cuáles de atracción?

(42) Pablo [DEV<] Uno entre el núcleo y electrones, pueden haber fuerzas de atracción, una entre electrones, fuerzas de repulsión, fuerza de atracción entre el núcleo y electrones.

(43) P: Y si piensas en la molécula de sodio metálico ¿Qué entiendes por la molécula de sodio metálico?

(44) Pablo: [DEV<] Varios átomos de sodio enlazados n veces.

(45) P: [REG<] Y ¿En términos de interacción? ¿Cómo pensaría la molécula de sodio metálico si estás pensando en átomos de sodio que son interacciones entre el núcleo y electrones? entonces ¿Cómo piensas la molécula de sodio metálico si ese es tu concepto de átomo?

(46) Pablo: Es compartiendo pares de electrones libres...

(47) P: Estoy compartiendo pares de electrones, (3s) sodio metálico?

(48) Pablo: Un conjunto de átomos de sodio interaccionando entre sí. Profesora, por qué en vez de llamarlo interacciones entre el núcleo y electrones, ¿por qué no se dice un conjunto de protones y neutrones...?.

(49) P: Porque es que el átomo no es un conjunto. (3s) Ustedes usan la palabra conjunto pero el átomo en sí mismo no es un conjunto.

(50) Pablo: Cuando yo quiero describir los elementos que hay en algo, yo lo llamo conjunto.

(51) P: Sí, pero los elementos matemáticos. Tú vas a organizar matemáticamente un grupo de objetos y lo llamas conjunto. Pero el átomo no es un grupo de objetos, eso no es el átomo.

(52) P: Yo no he dicho que el átomo es un grupo de cosas, no, yo no he planteado eso. Entonces cuando decimos que el átomo, núcleo y electrones interaccionando, o que se conforman con las interacciones entre núcleo y electrones estoy en otro problema distinto a decir conjunto, eso no es el significado que yo quiero que se aprenda de átomo, no es ese.

En este episodio se pasa a profundizar lo construido en los diálogos anteriores (átomo formado por núcleo y electrones y las interacciones al interior de este), y se introduce al medio el concepto de molécula (polinuclear), con el fin de lograr afianzar en los estudiantes las definiciones dadas hasta el momento. Además se trata constatar que todos compartan estos conceptos (contexto cognitivo común), y verificar hasta dónde los comprenden. A este

respecto a la profesora en la entrevista 4 dice: “*En los estudiantes es muy dominante lo del sentido común, y tienen muy poca familiaridad con lo molecular, entonces hay que insistir bastante en esto*”. (Entrevista 4, p.1) (Anexo 3).

Por el contrato establecido, los estudiantes saben que cuando la profesora repite con cierto tono de interrogación las respuestas que ellos acaban de dar, tiene como función indicarles que la respuesta es incorrecta o incompleta. Esto se evidencia en el turno 47, en donde la profesora repite lo dicho por el estudiante y vuelve a preguntar lo mismo “*Estoy compartiendo pares de electrones, (3s) sodio metálico?* Esta situación se puede asumir como una señal para que los estudiantes se den cuenta que están en un error y lo corrijan. En este caso el estudiante al hablar de “compartir electrones”, se refiere a un enlace covalente y el átomo sobre el cual se le pregunta en particular (sodio metálico), forma es un enlace metálico (46). Según Brousseau (1991), estaríamos en presencia de un efecto Topacio en donde la profesora suministra pistas a los estudiantes para que lleguen a la respuesta esperada. En el turno 48 el estudiante trata de corregir su respuesta y de paso le plantea una inquietud a la profesora:

(48) Estudiante: Un conjunto de átomos de sodio interaccionando entre sí. Profesora, por qué en vez de llamarlo interacciones entre el núcleo y electrones, ¿por qué no se dice un conjunto de protones y neutrones...?.

En los siguientes turnos (48, 49, 50 y 51) la profesora y el estudiante en su interacción didáctica están negociando significados. En este caso el estudiante usa el término “conjunto” para referirse al átomo. Aquí estamos en presencia de un conflicto cognitivo, ya que en algunos textos, internet y probablemente experiencias de aprendizaje pasadas del estudiante, se nombra el átomo como un conjunto de protones y neutrones.

En el turno 50 el estudiante relaciona el conjunto matemático (formado por elementos), con el átomo (constituido por protones y neutrones). De acuerdo a Candela (1999) los estudiantes usan analogías como un intento de explicar un fenómeno distante o poco familiar comparándolo con una situación similar pero conocida por los participantes, para poder comprender y compartir la explicación. Esta situación se repite en esta investigación, y es que los estudiantes tratan de aplicar las leyes del mundo físico, a los átomos (mundo

cuántico). La profesora en su rol, es enfática en aclarar al estudiante la diferencia de estas dos miradas (51).

A pesar de que la profesora parece enojada en su explicación (52), esto hace parte de un comportamiento ocasional de ella en la clase, sobre todo cuando quiere llamar la atención sobre algo importante del tema (parte del contrato y juego didáctico), y los estudiantes lo ven así. La profesora repite esta expresión algunas veces en el aula de clase “yo no estoy enojada, estoy emocionada que es diferente”.

(52) P: Yo no he dicho que el átomo es un grupo de cosas, no, yo no he planteado eso. Entonces cuando decimos que el átomo, núcleo y electrones interaccionando, o que se conforman con las interacciones entre núcleo y electrones estoy en otro problema distinto a decir conjunto, eso no es el significado que yo quiero que se aprenda de átomo, no es ese.

Cabe comentar aquí que el énfasis que la profesora da a la respuesta, no aclara la duda del estudiante, ya que no explica su postura frente a la noción matemática de “conjunto” en relación con el átomo, simplemente dice que ella no lo ha explicado así. Solamente se centra en el aspecto que ha tratado de comunicar a los estudiantes reiteradamente, y es el problema de las interacciones en el átomo.

Episodio 5

En las moléculas polinucleares electrones y núcleos interaccionan entre sí

(54) P: Entonces ustedes están pensando una molécula polinuclear, sigamos con sodio metálico ¿Cómo la estás pensando entonces María? si estás pensando en las interacciones de atracción eléctrica para el caso entre el núcleo y electrones (9) ¿si será sólo entre electrones? entonces Pablo, María, Marcos ¿tú si crees que cuando se enlacen los átomos, las interacciones son sólo entre electrones? es decir, cuando pienso en agua, la molécula de agua ¿Cómo pienso la molécula de sodio metálico, o pienso la molécula de dióxido de carbono, o pienso la molécula de dinitrógeno, o pienso la molécula de una proteína ¿Tú crees que las interacciones [entre] esas moléculas son sólo entre electrones?.

(55) P: Pongamos una molécula más sencilla...

(La profesora se dirige al tablero y realiza la representación del dihidrógeno)

(56) P: La molécula de dihidrógeno. (52s) Para ser de dihidrógeno tengo que poner a interaccionar esos dos átomos porque si no los pongo a interaccionar no hay dihidrógeno, hay átomos de hidrógeno. Este átomo de hidrógeno, un protón y un electrón. Entonces estamos, parece ser, de acuerdo en que el átomo lo consideramos como interacciones entre núcleo y

electrones... [REG<] Entonces la pregunta es si las interacciones cuando formo una molécula polinuclear son sólo entre electrones, esa es la pregunta que yo estoy haciendo y María dijo ahora que... ella dijo que los núcleos están interfiriendo.

(57) María: Profesora no sé si será correcto esto, pero en uno de los textos encontré que el núcleo de uno de los átomos interacciona con el del otro núcleo.

(58) P: [REG<] O sea, este núcleo está interaccionando con este otro, y este núcleo está interaccionando con este núcleo (*la profesora muestra los núcleos de la representación de la molécula de dihidrógeno que realizó en el tablero*).

(59) María: Igual hay interacciones profesora que (.) pues, de repulsión...

(60) P: =hay interacciones de repulsión entre electrones ¿El núcleo también crees que tiene interacciones de repulsión?

(61) María: Si

(62) P: ¿Por qué?

(63) María: Porque tienen carga eléctrica positiva, es decir son de igual carga.

(64) P: [INST<] Porque tienen carga eléctrica positiva. (4) Miren que de [en el] fondo ¿qué está? un concepto de interacción, de fuerza, el concepto de interacción es un concepto más general, más... la física lo ha tomado como el concepto central... Entonces tenemos que están interaccionando átomos, cuando se enlazan los átomos, los átomos interaccionan ¿qué interaccionan? si tiene un núcleo interacciona núcleo y electrones cuando pongo a interaccionar pues también me interaccionan núcleos y electrones, o sea que el enlace químico hay una interacción ¿entre quiénes? entre, como define María, núcleo cargado eléctricamente positivo y un átomo interacciona con el electrón así y viceversa. Los electrones entre sí también interaccionan y los núcleos entre sí también interaccionan ¿Por qué? porque todas son partículas que están en el contexto de transformar la molécula, porque *mi átomo* lo estoy pensando en términos de núcleo y electrones interaccionando, es decir, yo enlazo átomos y ¿Qué sigo creando? ¿Qué sigo generando? interacciones, porque genero enlaces y ¿Qué genero con los enlaces? estructuras moleculares pero ¿por qué se generan? porque están las interacciones. O sea que si estamos en el átomo de sodio, Pablo, Pablo Sánchez, estamos en el átomo de sodio y entonces pienso el sodio metálico entonces ¿Cómo lo estás pensando con estas aclaraciones?

En este episodio la profesora se centra en moléculas polinucleares: agua, sodio metálico, dióxido de carbono, y toma como ejemplo de referencia al dinitrógeno. El hilo de la clase retoma un nuevo elemento, las interacciones que se dan entre los núcleos de estas moléculas (54). Pero la idea general que quiere construir la profesora con los estudiantes, es que tengan en cuenta todas las interacciones que se pueden generar al interior de una molécula: entre los núcleos, entre los electrones y entre electrones y núcleos. A su vez en este episodio se da un gesto de definición importante, el medio deja de ser únicamente discursivo (55), ya que la

profesora que estaba sentada en una silla haciendo preguntas orales, pasa al tablero para realizar la estructura de una molécula.

En el turno 54 la profesora usa la palabra “ustedes” en su discurso “*Entonces ustedes están pensando una molécula polinuclear...*” Estos enunciados como lo expresa Prados (2009), están al servicio de creación de intersubjetividad pues establecen un conjunto de significados como conocimientos compartidos, además favorece el sentimiento de pertenencia a un mismo grupo. En este mismo turno se puede resaltar algo común en la profesora, y es de dirigirse a alumnos concretos llamándolos por su nombre, ya sea retomando sus intervenciones o cediéndoles el turno. Con estas acciones se hace partícipes activos del proceso de enseñanza y aprendizaje a los estudiantes, lo cual puede hacer más motivante y ameno este proceso.

En el turno 56 la profesora retoma y trae al momento las aportaciones previas de una estudiante, “*María dijo ahora que... ella dijo que los núcleos están interfiriendo*”. Esta idea es tenida en cuenta como un elemento importante en el hilo conceptual, que puede favorecer la comprensión de lo que se está discutiendo. Aquí se puede decir que la continua aprobación de las aportaciones da seguridad a los estudiantes y al grupo en general, ya que crea empatía y sirve también para detectar las comprensiones de los estudiantes y generar andamiaje colectivo.

En los turnos 57, 59, 63 la estudiante favorece la evolución del medio ya que da la respuesta esperada por la profesora “*el núcleo de uno de los átomos interacciona con el núcleo del otro átomo y como tienen cargas iguales (+), se generan interacciones de repulsión*”. Es común en esta estudiante apoyarse en la literatura, lo que indica que está asumiendo su rol y parte del contrato didáctico: estudiar dentro y fuera de clase usando distintas fuentes de información. Aquí se puede ver que los estudiantes apoyan sus argumentos tanto en la autoridad de la experiencia como en la autoridad de los especialistas o el conocimiento académico ya sea un texto, autor o un conocimiento formalizado. En cualquier caso, podemos afirmar que en las aulas universitarias, en coherencia con lo encontrado por Prados y Cubero (2016) y Candela (2005, 2013), es frecuente, por parte del alumnado, invocar al conocimiento formalizado y a las experiencias vividas en la propia aula para dar validez a aquello que se está enunciando.

Con la información suministrada por los estudiantes la profesora hace una institucionalización en donde resume todo lo trabajado hasta el momento (64). “...*Entonces tenemos que están interaccionando átomos, cuando se enlazan los átomos, interacciona núcleo y electrones o sea que el enlace químico hay una interacción ¿entre quiénes? entre, como define María, núcleo cargado eléctricamente positivo y un átomo interacciona con el electrón y así, viceversa. Los electrones entre sí también interaccionan y los núcleos entre sí también interaccionan ¿Por qué? porque todas son partículas que están en el contexto de transformar la molécula, porque mi átomo lo estoy pensando en términos de núcleo y electrones interaccionando*”. Lo interesante del proceso es que la profesora completa las respuestas, pero una vez los estudiantes han llegado a ellas, trata de no caer en este caso en el efecto Topacio. En este punto la profesora valida lo dicho por la estudiante y avanza en “un discurso” construido en colectivo.

Algo para adicionar a este turno (64), es que la profesora en ciertos momentos hace un movimiento discursivo en donde personaliza los átomos y las moléculas cuando se refiere a estos, lo cual se hace evidente cuando dice: “*Mi átomo lo estoy pensando en términos de núcleo y electrones*”, aquí la profesora usa el pronombre posesivo “mi átomo”. En otra ocasión expresa “*Estoy compartiendo pares de electrones*”, en donde deja ver que se incluye a sí misma y algunas veces a los estudiantes, como si hicieran parte o tuvieran un papel dentro del átomo. Esto puede ser una manera de hacer partícipes directos a los estudiantes del fenómeno en estudio y lograr así cautivar más su atención. Cabe decir que este tipo de expresiones se repiten varias veces en este estudio.

Sobre este episodio también se puede decir que se dan movimientos importantes a nivel topogenético, por los roles de participación asumidos por los estudiantes (57, 59,63) y de redefinición (64), en el cual la profesora hace un resumen de lo dicho posteriormente y se enfoca en los conceptos claves del proyecto epistémico, objeto de interés para la siguiente actividad (fuerzas de atracción y repulsión entre núcleos, entre electrones y entre núcleo y electrones).

Episodio 6

¿Qué entiendes por átomo de hierro?

(65) P: Judith: ¿Qué preguntas tienes a lo que hemos dialogado? (8s). ¿Nada? ¿Todo te queda claro? entonces que entiendes por átomo de hierro. (8s) No vamos a hablar ni del hidrógeno ni del sodio ¿qué entiendes por átomo de hierro?

(66) Judith: ¿Átomo de hierro?

(67) P: Sí.

(68) Judith: No sé.

(La profesora se levanta y se dirige a los estudiantes)

(69) P: ¿Cómo que no sabe? ¿No que le quedó claro lo anterior que dialogamos? ¿Cómo así que no sé? está en otro problema ¿Usted que estaba pensando cuando estábamos dialogando? en todas estas clases que hemos tenido, en todo el semestre desde ¿Cuándo? desde marzo, abril, mayo estamos aquí trabajando y ¿Entonces cómo así que no sabes? no puedes decir nada de un átomo de hierro después de estar aquí cinco meses trabajando? no, no puedo creer eso. Estoy preguntando por átomo de hierro, no estoy preguntando por hierro metálico, no estoy preguntando por eso; estoy preguntando por átomo de hierro.

(70) Judith: Profesora que es cúbica centrada en el cuerpo.

(71) P: ¿Quién?

(72) Judith (00:41:39): El hierro.

(73) P: ¿Cuál hierro es cúbico centrado en el cuerpo?

(74) Judith: El hierro metálico.

(La profesora se dirige al tablero y escribe)

(75) P: Ah, pero yo no estoy preguntando por el hierro metálico, yo estoy preguntando por el átomo de hierro, es que eso es lo que pasa, que ustedes me dicen que el lenguaje...(.) pero ¿Qué es lo que yo pregunto? y ¿Qué es lo que ustedes responden? Yo estoy diciendo átomo de hierro, yo no estoy diciendo hierro metálico, (4s) es el problema del lenguaje. (.) Si tú capturas las palabras que yo planteo o no las capturas y pones otra palabra que yo no dije...

Recordando el papel en el juego del saber y el contrato didáctico

En este episodio la estudiante no muestra interés en aceptar su papel en el juego del saber, ya que no tiene preguntas acerca del tema y cuando le preguntan por un átomo en particular, su respuesta es “no sé” (65-68). La profesora le recuerda su compromiso en el contrato didáctico, y jugar con responsabilidad el juego del saber. Esto hace parte de una función de formación no solo académica, sino también personal que asume la profesora en esta aula, es así como topogenéticamente, la profesora cumple su rol de llamar la atención a los

estudiantes. En este episodio se presentan dos situaciones: a) la estudiante no presta atención a la clase (69) y b) no responde lo preguntado (se le preguntó por átomo de hierro, no por hierro metálico) (75). Es común en la estudiante llegar tarde a las clases y en ocasiones estar un tanto desubicada en las actividades propuestas.

Episodio 7

Que entiendes por átomo de hierro?

(76) P: Yo estoy preguntando por átomo de hierro. (4s) Marcos ¿Qué entiendes tú por átomo de hierro?

(77) Marcos: [DEV<] Profesora es una interacción entre los electrones y el núcleo en el átomo porque los electrones y el núcleo se atraen mediante una atracción eléctrica y los electrones con los electrones tienen una fuerza de repulsión y cuando hay una molécula el núcleo...

(78) P: ¿Cuántos protones hay en el átomo de hierro?

(79) Marcos: Veintiséis.

(80) P: Cuántos electrones, veintiséis; entonces ¿Qué estas entendiendo por átomo de hierro?

(81) Marcos: Entonces son como veintiséis fuerzas de atracción entre electrones y núcleo y... hay (4) veinticinco fuerzas de repulsión entre los electrones.

(82) P: [REG<] No, esas sí son más pero bueno, hay interacciones eléctricas de los protones con los electrones de atracción, y hay de repulsión entre electrones; veintiséis protones y veintiséis electrones. ¿Qué ibas a preguntar Judith?

(83) Judith: <No era eso, que entonces un electrón se repelía con veinticinco protones...>

(84) P: ¿Se repele con quién? los protones o ¿Con quién?

(85) Judith: <Veinticinco electrones, perdón, y así cada electrón se repele con los otros veinticinco electrones y esa sería la fuerza de repulsión...>

(86) P: Las, las fuerzas de repulsión, y las de atracción eléctrica sería el núcleo con los electrones, pero si pienso con el concepto de carga nuclear efectiva el núcleo interacciona de manera diferente con cada electrón porque cada electrón le corresponde una carga nuclear efectiva diferente ¿Listo?

Se introduce el concepto interacción eléctrica de atracción y repulsión.

Aquí la profesora cambia de interlocutor, ya que con la estudiante anterior no encontró respuestas acertadas sobre los conceptos trabajados, y se apoya en Marcos para que este le ayude a evolucionar el medio. En este episodio, el diálogo continúa en la misma línea temática, las interacciones de atracción y de repulsión en el átomo (77). Pero el estudiante

introduce un elemento que se relaciona con el ejercicio práctico que se desarrollará en la segunda fase de la clase: número de fuerzas de atracción y de repulsión en un átomo (81). “Entonces son como veintiséis fuerzas de atracción entre electrones y núcleo y... hay (4s) veinticinco fuerzas de repulsión con los electrones”.

En el turno 80 el estudiante no responde la pregunta a la profesora” ¿Qué estas entendiendo por átomo *de hierro?*, y desvía la respuesta hacia el número de interacciones de atracción y de repulsión en un átomo, introducidos en el episodio 5: 54, 56, 57, 59 y también trabajadas en la clase anterior. A este respecto Candela (1999) habla de los recursos que usan los estudiantes en las clases de ciencias, refiriéndose a situaciones en donde los alumnos evaden las preguntas del maestro, contestando con un comentario más o menos neutral que no responde a la pregunta planteada. En este caso el estudiante se guía por centrar su respuesta en lo que él considera que es uno de los aspectos importantes que pretende trabajar la profesora en la clase (fuerzas de atracción y de repulsión). Esta misma situación se presentó en el episodio 3:25.

En la respuesta que el estudiante da a la pregunta, se evidencia que aún se siguen teniendo dificultades para calcular las fuerzas de repulsión en un átomo, a pesar de que este tema ya se trabajó. Según el estudiante “*hay veinticinco fuerzas de repulsión con los electrones*”. En el turno 82 la profesora no presta mucha atención en aclarar la respuesta correcta para las fuerzas de repulsión, solo le dice al estudiante que son más, esto se debe a que el resultado del cálculo no es el centro de interés del proyecto didáctico en esta clase, sino la lectura que los estudiantes hacen de esas interacciones, como se ha mencionado previamente (Sesión 1, Ep.8) (Entrevista 3 p. 2).

A nivel de los procesos didácticos se puede decir que el estudiante de este episodio asume su rol y da una parte de la respuesta esperada por la profesora, que permite pasar a la siguiente actividad, favoreciendo a la vez movimientos mesogenéticos y cronogenéticos en la clase. Estos movimientos a la vez son mediados por el sistema de preguntas que implementa la profesora por medio de acciones docentes de devolución regulación.

En el turno 83 la estudiante participa y da una opinión errónea “*un electrón se repele con veinticinco protones*”, es precisamente el concepto de carga nuclear el que la profesora está

estabilizando en la clase, pero se nota que persiste la no comprensión o dudas en el manejo del lenguaje por parte de los estudiantes, ya que cuando la profesora le repite a la estudiante en el turno 84 “*¿Se repele con quién? los protones ¿Con quién?*”, la estudiante de inmediato cae en cuenta y corrige su respuesta en 85 “*Veinticinco electrones, perdón, y así cada electrón se repele con los otros veinticinco electrones y esa sería la fuerza de repulsión*”. Aquí queda la duda de si los estudiantes dan sus respuestas de forma ligera sin estabilizar sus ideas, o no comprenden aún el significado de carga nuclear, ya que este se aplica al hallar las fuerzas de atracción y aquí se está hablado de las fuerzas de repulsión.

En el turno 86 la profesora sigue dando las ideas claves del proyecto de esta clase para “estabilizar el concepto de carga nuclear”, sobre todo cuando se determinan las fuerzas de atracción “*Las fuerzas de repulsión, y las de atracción eléctrica sería el núcleo con los electrones, pero si pienso con el concepto de carga nuclear efectiva, el núcleo interacciona de manera diferente con cada electrón porque cada electrón le corresponde una carga nuclear efectiva diferente ¿Listo?*”. Pero la profesora sigue corroborando en los siguientes episodios que aún no está “listo”, ya que los estudiantes siguen incurriendo en errores al aplicar el concepto de carga nuclear efectiva, como se muestra a continuación:

Episodio 8

Vuelve a pensar Ester

(87) P: Ester: piensa en la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia en el átomo de hierro.

(88) Ester: un [electrón] de valencia, se atraería con veinticinco protones...

(89) P: [De valencia] en el átomo de hierro y la interacción eléctrica de atracción, pues no sé.

(90) Ester: Pues sí.

(91) P: ¿Sí? ¿Por qué sí Ester? ¿Por qué un electrón de valencia en el átomo de hierro se atrae con veintiséis protones? ¿Sí? vuelve a pensar Ester.

(92) Ester: Con uno.

(93) P: Sí, ¿Por qué con uno? ¿Por qué con veintiséis? ¿Por qué?

(94) Ester: Porque los veintiséis electrones se atraen con veintiséis protones, entonces cada uno se atrae es con cada protón, cada electrón se atrae con el núcleo...

(95) P: ¿Por qué? ¿Por qué estás planteando eso? ¿Por qué estás planteando que cada electrón se atrae con un protón? ¿Por qué Ester?

(96) P: Esa es mi pregunta, le estoy diciendo que piense, invité a que pensarán ¿cierto? está pensando... (4) Entonces tú Marcos.

(97) Marcos: [Ah], entonces va a haber simplemente una atracción que es la del núcleo con el electrón.

(98) P: ¿Qué más? ¿Qué más Mónica fuera de eso puede decir entre el núcleo y...?

(99) Ester: Yo lo que entiendo es que un electrón de la capa de valencia va: a atraerse con el: un protón del núcleo.

(100) P: ¿Qué aprendiste en la tarea de la clase pasada? ustedes la clase pasada trajeron una tarea, y tú fuiste la que trajiste la tarea, y ustedes hicieron una lectura en una hojita que yo regalé ¿Qué aprendiste tú ahí? y si aprendiste algo interesante ahí, ese aprendizaje cómo lo expresas con lo que yo te pregunto: piensa en la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia en el átomo de hierro.

Que se aprendió en la tarea de la clase pasada?

En este episodio se observa un error epistémico que es reiterativo en varios estudiantes cada vez que se enfrentan a realizar algún análisis o cálculo con la carga nuclear efectiva (Z^*), y es el considerar al núcleo no como unidad, sino dividido por el número de protones. En el segmento 88 se verifica lo dicho anteriormente: *“un [electrón] de valencia, se atraería con veinticinco protones...”*. A pesar de que la profesora da la pista de una inconsistencia, al repetir nuevamente la pregunta en el turno 91 (Efecto Topacio), la estudiante continúa en su apreciación. En este mismo segmento la profesora en su rol de guiar el aprendizaje, le sugiere a la estudiante que *“vuelva a pensar”* su respuesta. Esta última expresión tiene una carga actitudinal importante, en donde la profesora le solicita a la estudiante que reflexione lo dicho a la luz de la teoría.

En el turno 91 la estudiante frente a la pregunta *“¿Por qué un electrón de valencia en el átomo de hierro se atrae con veintiséis protones?”* da la respuesta (92) *“con uno”*, pero se evidencia que alguien le suministró la información, ya que cuando la profesora pone a la estudiante a explicar (93) *“Sí, ¿Por qué con uno? ¿Por qué con veintiséis? ¿Por qué?”*, la respuesta de la estudiante sigue siendo errada (94) *“Porque los veintiséis electrones se atraen con veintiséis protones, entonces cada uno [electrón] se atrae es con cada protón, cada electrón se atrae con el núcleo...”*. En la respuesta, la estudiante mezcla ideas correctas e

incorrectas para el análisis pedido. Con la petición del *¿Por qué?*, la profesora usa este término para que la estudiante justifique su respuesta y razone su posición, ya que se está tratando un aspecto importante (la carga nuclear efectiva (Z^*)), este concepto es clave y centro de atención en este momento de la clase, por la dificultad de los estudiantes para aplicarlo correctamente al contexto de estudio.

En los turnos 95 y 96 la profesora nuevamente invita a la estudiante a pensar y analizar, como una disposición experta que se debe ir construyendo en la universidad. En el turno 97 la profesora pasa a preguntar a otro estudiante, quien da la respuesta esperada *“entonces va a haber simplemente una atracción que es la del núcleo con el electrón”*. Pero a la estudiante del turno anterior cuando se le pregunta nuevamente, continúa con la idea de que el electrón interacciona con cada protón de forma individual (99), *“Yo lo que entiendo es que un electrón de la capa de valencia va: a atraerse con el: un protón del núcleo”*. Es probable que no entienda por qué tiene que tomar al núcleo como unidad, cuando en toda su experiencia académica relacionada con el estudio del átomo, se le enseñó que en el núcleo están los protones (en el caso del hierro 26 protones). Esta respuesta también se debe a la falta de estudio y atención de la estudiante a la clase y a las actividades realizadas en temas anteriores. Esto se evidencia cuando en el turno 100, la profesora dice:

(100) P: *¿Qué aprendiste en la tarea de la clase pasada? ustedes la clase pasada trajeron una tarea, y tú fuiste la que trajiste la tarea, y ustedes hicieron una lectura en una hojita que yo regalé ¿Qué aprendiste tú ahí? y si aprendiste algo, ese aprendizaje cómo lo expresas con lo que yo te pregunto: piensa en la interacción eléctrica de atracción de un electrón de valencia en el átomo de hierro.*

En general en este episodio, la intención de la profesora es llegar a la construcción de un contexto cognitivo común para el concepto carga nuclear efectiva (Z^*), tratando que los estudiantes hagan memoria didáctica de las experiencias con tareas de clases anteriores, y los documentos de estudio. En particular la estudiante de este episodio no da evidencias de la comprensión del concepto de la forma esperada por la profesora (91 y 97); lo que hace la docente es llamar la atención a la estudiante (100), y se centra en otro alumno que da la respuesta esperada. De este modo el medio se modifica a nivel cronogenético en cuanto un estudiante responde correctamente, ya que la profesora pasa a otra pregunta. Pero el medio

en colectivo no se modifica para algunos estudiantes que siguen sin comprender el significado del concepto carga nuclear efectiva (en este caso Sofía, Ester) y muy probablemente otros a quienes no se les pregunta.

Sobre la dificultad de los estudiantes para comprender este concepto la profesora dice:

“Ellos vuelven carga nuclear efectiva como una fuerza, ellos lo ponen como fuerza yo no sé por qué. Yo les entrego un documento y ellos leen el documento y yo no sé porque ellos terminan entendiendo que es una fuerza...Pero entonces carga nuclear efectiva es el número de cargas eléctricas positivas que hacen una interacción eléctrica de atracción con el electrón de carga eléctrica negativa. La totalidad que le corresponde a cada electrón, o sea cada carga nuclear efectiva como totalidad. Pero ellos también tienden a hacer eso, a que es protón con electrón no totalidad de protones con los electrones”. (Entrevista 4, p. 2). Autoconfrontación. (Anexo 3).

Episodio 9

Los electrones de valencia

(101) P: ¿Tú que entiendes por electrones de valencia?

(102) Estudiantes: Profesora son los que están ubicados en la capa, nivel superior.

(103) P: ¿Los que están ubicados dónde?

(104) Estudiante: En el nivel superior.

(105) P: En el nivel superior o nivel más externo, eso es electrón de valencia...

(106) Estudiante: [DEV<] Pues, es eso, es un electrón que está en la capa de valencia ¿cierto? y entonces ese electrón va a tener... como un respaldo, por decirlo así, una barrera que va a crear el efecto de apantallamiento con el núcleo que son los protones y los electrones.

(107) P: ¿Cuál es la interacción eléctrica? hasta ahí va muy bien, pero ¿La interacción eléctrica cuál es?

(108) Estudiante: De repulsión. De atracción.

(109) P: ¿Entre quiénes?

(110) Estudiante: Del electrón y del protón.

(111) P: ¿Y el protón?

(112) Estudiante: El núcleo.

(113) P: ¿El núcleo, así simplemente?

(114) Estudiante: Pues, profesora yo digo que sí, es esa interacción eléctrica de atracción que se da entre un electrón de la última capa con el núcleo y al estar interaccionando con el núcleo están interaccionando los protones que están en el núcleo ¿no?

En este episodio se introduce más claramente un concepto del que se había hablado en el episodio anterior, “*los electrones de valencia*”, evidenciándose aquí que los estudiantes tienen claro que estos electrones se ubican en el nivel superior del átomo (102,104). En el turno 106 el estudiante responde la pregunta, e introduce un nuevo concepto al entramado teórico “el efecto de apantallamiento”. Esta noción es importante ya que hace parte del concepto “carga nuclear efectiva”.

En el turno 107 la profesora usa una pequeña intervención cargada de fuerza en donde valida los aportes del estudiante “*hasta ahí va muy bien*”, y continúa con la pregunta “*pero ¿La interacción eléctrica cuál es?* Aquí la profesora con su contra-pregunta hace que la respuesta del estudiante sea más explícita, además encuentra nuevas ideas, y se cerciora sobre la comprensión del conocimiento que está en juego en el momento, controlando así el hilo del discurso.

$$Z^* = Z - \alpha$$

Z^* = Carga nuclear efectiva

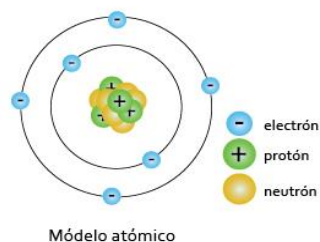
Z = Carga nuclear

α = Constante de apantallamiento

La profesora sigue constatando que el concepto de carga nuclear efectiva no se ha estabilizado, ya que los estudiantes continúan hablando de atracción del electrón y del protón (110). A pesar de que en el turno 111 la profesora da la pista sobre un error, al repetir lo dicho por el estudiante en forma interrogativa “*¿Y el protón?*”, el estudiante corrige su respuesta en el siguiente turno (112) “*El núcleo*” (Efecto Topacio). Pero el estudiante en el turno 114, nuevamente mezcla ideas válidas y erróneas para el modelo en estudio “*Pues, profesora yo digo que sí, es esa interacción eléctrica de atracción que se da entre un electrón de la última capa con el núcleo, y al estar interaccionando con el núcleo están interaccionando los protones con los electrones ¿no?*”. Pero en este punto, también se puede decir que la deducción final que hace el alumno es pertinente desde su punto de vista, ya que al estar interaccionando “*el electrón de la última capa con el núcleo*”, es porque a la vez interaccionan los protones de ese núcleo.

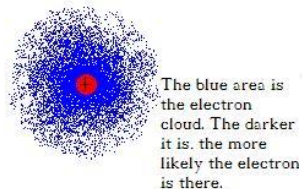
El problema de esta apreciación es que el estudiante piense esa interacción del electrón con cada protón individual, por otro lado, también podríamos hablar aquí de falta de dominio del lenguaje ligado al modelo cuántico, sobre todo cuando se trabaja o se refiere al núcleo. A este respecto la profesora en la entrevista 4, cuando se le pregunta a que se puede deber las dificultades de comprensión en los estudiantes en esta parte del tema expresa: *“Ah que simplemente les dicen protones [en experiencias académicas pasadas], pero nunca les están haciendo el énfasis en esa constitución del núcleo, pienso yo. Por ejemplo en el grupo de este semestre, se vio mucha dificultad sobre el núcleo...yo veo que les da mucha dificultad concebir el núcleo, no tienen experiencia de trabajo con reconocer el núcleo atómico”*. (Entrevista 4, p. 2). Autoconfrontación.

Con respecto a esta confusión presente en los estudiantes, se puede hacer una observación general y es que en el modelo atómico de Bohr (planetario), el núcleo se muestra formado por los protones, representados a la vez como partículas puntuales con carga positiva (+) con un número determinado dependiendo del átomo; mientras que en algunas representaciones del modelo cuántico del átomo, el núcleo se muestra como una carga puntual representada positivamente (+) (ver Figura 17). Es probable que por la familiaridad de los estudiantes con el modelo de Bohr, se esté presentando la interpretación que hacen de las fuerzas eléctricas de atracción entre cada protón del núcleo con los electrones, en lugar del núcleo como carga nuclear efectiva con cada electrón, como lo indica el modelo actual. Se puede decir que los estudiantes disponen de un referente diferente al esperado por la profesora para la comprensión del concepto. Sensevy (2007) se refiere en este caso a un contexto cognitivo como un contexto pasado, resultado de lo que ha sido enseñado anteriormente. Para producir la estrategia ganadora, los estudiantes deberán movilizar cierto número de saberes “antiguos” al mismo tiempo, presentes en el contexto cognitivo del trasfondo de la acción.



Modelo de Bohr

A single Hydrogen Atom (Electron density model)



Modelo mecánico-cuántico del átomo

Figura 17. Modelo atómico de Bohr y modelo mecánico-cuántico del átomo

Fuente: <https://xabierjota.files.wordpress.com/2013/03/electroncloud.jpg>

Como la profesora ha introducido en su discurso varias veces el concepto de carga nuclear efectiva (Z^*), y los estudiantes siguen sin comprender, recurre a otra estrategia de juego y es poner a los estudiantes a representar de modo formal lo que piensan. Lo anterior se muestra en los siguientes episodios.

Episodio 10

En el episodio anterior la profesora estaba tratando de estabilizar el concepto de carga nuclear efectiva y le pregunta a una estudiante por los electrones de valencia y la interacción eléctrica de estos con el núcleo. Al final la estudiante responde:

(114) Estudiante (1:01:53): Pues, profesora yo digo que es esa interacción eléctrica de atracción que se da entre un electrón de la última capa con el núcleo y al estar interaccionando con el núcleo están interaccionando los protones que están en el núcleo ¿no?

(115) P: Sebastián ¿Tú estás de acuerdo con Sofía?

(116) Sebastián: Pues yo diría que sí, es la interacción de un electrón de la capa externa y el núcleo, pues, entre los protones...

(117) P: Escriba la expresión formal de eso que están diciendo, escriba la expresión formal de la interacción eléctrica de atracción de ese electrón como está pensando, escríbala. Si me hace el favor y la escribe ahí y después la pone en el tablero.

(118) Sebastián: Profesora sería...

(119) P: No sé, escríbala, cuándo la haya escrito la pone en el tablero.

(La profesora se desplaza entre los estudiantes mientras ellos discuten la idea para escribirla en el cuaderno)

(120) Sebastián: Ya está escrita.

(121) P: Ah, entonces escríbala en el tablero, yo te estoy solicitando que escribas esta situación, que la presentes, listo. ¿Ya la escribió? póngala acá en el tablero.

(122) Sebastián: Pero le estoy preguntando por la fórmula de...

(123) P: Ah, pues una interacción eléctrica de atracción se representa con la ley de Coulomb, sí. Yo no le estoy diciendo que me escriba la ley de Coulomb, le estoy solicitando que escriba

la interacción eléctrica de atracción del átomo de hierro para un electrón de valencia, eso es lo que estoy preguntando, no la ley de Coulomb...

En este episodio la profesora inicia nuevamente con una situación de validación (115) y se encuentra con que la idea de: (116) *“la atracción del electrón de valencia con el núcleo es también entre los protones”* aún persiste, por lo menos en los últimos estudiantes a quienes se les ha preguntado. Pero otra vez queda la duda, ya que lo que dice el estudiante no es exacto, es decir, piensa que al electrón interactuar con el núcleo, interactúa con cada protón independientemente, o se infiere que para él, el núcleo es una entidad que interactúa con el electrón, solamente que aclara que el núcleo tiene protones.

La profesora invita a los estudiantes a cambiar de medio, la nueva estrategia es ponerlos a escribir la expresión formal que represente lo que están diciendo y pensando. Aquí se da un movimiento mesogenético, ya que se cambia de actividad en donde el nivel de tecnicidad del lenguaje es diferente, se deben usar expresiones formales que difieren de las del lenguaje ordinario e incluso las del lenguaje verbal técnico. A su vez se da un movimiento cronogenético, ya que con esta redefinición de la tarea que está en juego, la profesora pretende hacer avanzar el tiempo didáctico. Así mismo podemos hablar de varios movimientos topogenéticos que se presentan cuando la profesora en su rol, les delega a los estudiantes el uso del tablero, los estudiantes asumen su responsabilidad y tratan de realizar la tarea.

En este episodio también se da una situación particular importante de resaltar, en donde el estudiante está esperando que la profesora sea quien le suministre la fórmula para él simplemente reemplazar unos valores (122) *“Pero le estoy preguntando por la fórmula de...”*. En la entrevista de autoconfrontación, la profesora menciona algo al respecto y es que generalmente en este tipo de ejercicios, los estudiantes se quedan esperando que se les proporcione el algoritmo para ellos pasar a realizar los cálculos. Queda claro aquí que a los estudiantes les hace falta representaciones más concretas, para entrar en un mundo de significados, desligados de la percepción que les permita estar más relacionados con las palabras y la lógica de los significados (Alzate, 2007). Lo anterior se resume en lo conversado con la profesora:

“Entonces ellos lo que me estaban solicitando en ese momento era ese algoritmo; la fórmula matemática que los lleve al número de fuerzas... Para las interacciones... yo les pongo a ellos; porque primero hacemos una aproximación de esas interacciones en términos de interacciones eléctricas, o sea, como atracción y repulsión; y consideran en términos de interacciones entre cargas eléctricas positiva y negativa; y hay una expresión en química que es la ley de Coulomb que dice que esa relación es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado y directamente proporcional a la magnitud de... al producto de las magnitudes de las cargas eléctricas; y ellos, pues... yo simplemente la ofrezco para que la lean. Yo insisto mucho cómo es la relación porque ellos lo que aprenden es “ F es igual a K , q_1 , q_2 sobre d al cuadrado”, así es como ellos la toman; entonces como ellos la toman así, ellos están esperando es unos números para ponerlos ahí, en el cálculo con la calculadora; pero eso no es lo que estoy poniendo ¿cierto? Yo pongo esa relación para que él la lea como una relación de proporcionalidad, el producto de las cargas como relación directa e inversa con el radio atómico; pero ellos no hacen esa lectura, por eso yo insisto mucho en cómo se lee la relación de tal modo que él cuando exprese las interacciones no tenga que poner números sino que utilice las variables para designar las cargas eléctricas y el radio, pero eso ya es algebraico. Lo que yo les exijo es algebraico pero ellos quieren todo hacerlo numérico, aritmético; entonces ahí hay una diferencia muy fuerte y a ellos les da mucha dificultad posicionarse en un pensamiento algebraico”. (Entrevista 3, p. 10) Autoconfrontación. (Anexo 3).

Esta situación de esperar el algoritmo para hacer la tarea, Brousseau (1986) la denomina “algoritmización”. Según este autor es un fenómeno que sucede cuando el profesor busca apresurar la resolución de un conflicto didáctico y muestra al alumno un algoritmo, el alumno lo ejercita y lo aplica correctamente, con incertidumbre casi nula y sin responsabilizar al alumno con la reflexión y la investigación. Luego el maestro quiere enseñar a su alumno a buscar creativamente sus propias soluciones, para lo que inevitablemente necesita incorporar incertidumbre, pero el alumno se confunde, pues espera algoritmos. En este caso no se quiere decir que la profesora de este estudio incurra en este fenómeno didáctico, pero es una manera de explicar que lo ocurrido en este episodio al respecto, puede ser el reflejo de pasadas experiencias académicas de los estudiantes.

Episodio 11

(La profesora les revisa a algunos estudiantes lo que escribieron en sus cuadernos y debate con ellos)

(124) P: Ah, pues mire a ver que te va a dar aquí, (.) es culombios, sí.

(125) Estudiante: Sobre la distancia al cuadrado.

(126) P: Sí, pero esta constante qué unidades tiene, yo te dije que ahí está en la hoja, si tú lees, lees que dice ahí... (4) Ahí no está la constante. Y si no, la busca en un libro, en internet... (.) Claro la constante tiene unidades pero no se las voy a decir, consúltela.

(127) Estudiante: Profesora explíqueme aquí un momentico, se multiplica éste por...O simplemente lo podemos dejar así.

(128) P (1:09:21): [REG<] ¿Por qué cinco? ¿Qué es esto?

(129) Estudiante: Esta es la carga nuclear efectiva.

(130) P: ¿De quién?

(131) Estudiante: Del último electrón, 4s.

(132) P: [REG<] ¿Va a considerar el 4s? listo, va a considerar el 4s, ese es un electrón de valencia, está bien, como 3d también en el caso del hierro también es un electrón de valencia, pero 4s es un electrón de valencia... culombios, listo, y ¿esta distancia es cuál?

(133) Estudiante: La distancia del núcleo a ese electrón.

(134) P: [REG<] A ese electrón, y si estoy en el electrón de valencia ¿esa distancia cuál es? (8s) Si estoy pensando con un electrón de valencia, (.) estoy pensando al electrón como una densidad electrónica, y estoy en el nivel de valencia y el núcleo ¿Qué tengo ahí, esa distancia es qué?

(135) Estudiante: Un radio.

(136) P: Un radio, un radio atómico.

(137) Estudiante: Ah, porque esa es la última capa... (*Los estudiantes se ríen*)

(138) P: Entonces tú tienes una tabla donde tiene los radios, entonces saca la tabla... (13s) Entonces ahí en esa tabla, ahí a la derecha hay un radio que dice radio promedio...

(*Otro grupo de trabajo se une a la conversación*)

(139) Estudiante: Profesora una pregunta, (4s) si estamos hablando del electrón de valencia, ¿sería sobre el radio por la carga eléctrica del núcleo?

(140) P: ¿Cuáles son las unidades de éste? eso está sin unidades, tiene que ponerle unidades a todo eso, pone números pero no, así no.

(141) Estudiante: Sí, pero tenemos la idea.

(142) P: Tiene la idea pero usted tiene que aprender a poner las unidades, es que yo estoy en clase de química, yo no estoy por fuera de la clase ¿cierto?... ¿Qué radio tomaste acá?

En este episodio los estudiantes están resolviendo la tarea con la supervisión de la profesora en un trabajo rico en acciones de devolución-regulación. La profesora a la vez, no revela toda la información para llevar a los estudiantes a desarrollar una autonomía, que en este caso implica que sean recursivos al buscar la información (usar internet, textos etc.), para consultar algunas constantes y valores: el radio atómico, carga nuclear efectiva, carga eléctrica de las partículas que interaccionan etc., que se requieren para resolver el ejercicio (126).

En los turnos 129 y 139 los estudiantes usan el valor denominado la “carga nuclear efectiva” o “carga eléctrica del núcleo” respectivamente, que se debe incluir en la expresión formal (interacción eléctrica de un electrón con el núcleo), pero en este punto del ejercicio no se hace la reflexión, por lo menos evidente sobre este término, y su relación con la interpretación no acertada que los estudiantes le estaban dando en la actividad anterior.

La profesora es enfática en las unidades, llamando la atención sobre el uso de estas en los cálculos que están realizando los estudiantes, como se ve en los turnos 140 y 142, y recuerda el contrato didáctico “*usted tiene que aprender a poner las unidades, es que yo estoy en clase de química, yo no estoy por fuera de la clase ¿cierto?*”..... Aquí además hay un elemento de formación que tiene que ver con las disposiciones profesionales en una determinada materia, en este caso la química, en donde el uso correcto de unidades y símbolos es de vital importancia.

A nivel topogenético y mesogenético se puede decir que algunos estudiantes realizan el ejercicio aplicando los conceptos, usando las constantes y expresiones formales, evidenciándose una evolución del medio. Pero como no se observa que los estudiantes ni la profesora han colectivizado los resultados de la actividad, por lo tanto aún no se puede hablar de avance cronogenético con respecto al saber, ya que el medio aquí es algo “conjunto” de la clase. Es común en esta aula observar que la profesora “avanza” solamente con algunos estudiantes y no con todo el grupo, lo que es significativo de una manera de proceder (esto se debe a la dinámica de trabajo en grupos y la regulación que hace la profesora a cada equipo).

Episodio 12

(La profesora pasa a otro grupo de trabajo)

(143) Estudiante: Profesora entonces cada electrón de valencia interactúa...

(144) P: Con esta carga, si es 3d, (.) si no es 3d, no. Porque 4s también es uno de valencia, pero aquí ya la carga es cinco punto cuarenta y dos.

(145) Estudiante: Pero entonces las capas inferiores con respecto al [electrón] de valencia interactúan es de uno a uno, o sea, de un electrón con un protón solamente. [Pero] las inferiores...

(146) P: [No], cada electrón interactúa con la carga nuclear efectiva que le corresponde, eso no es uno a uno, yo te he estado explicando que el electrón interactúa con una carga nuclear efectiva, yo no le he dicho en ninguna parte que un electrón interactúa uno a uno con los protones, eso lo sacaron ustedes pero yo no he planteado eso. Y en el documento que tiene la carga nuclear efectiva usted va a encontrar eso, en el documento le están diciendo eso, yo no me puedo poner a...

(147) Estudiante: No, pero ya entendí ahora sí.

(148) P: [REG<] Cada electrón interactúa con una carga nuclear efectiva, no con un protón.

En este episodio se evidencia claramente que el error conceptual de este estudiante se ve reflejado al tratar de realizar la expresión formal de la situación en estudio, (145) “*Pero entonces las capas inferiores con respecto al [electrón] de valencia interactúan es de uno a uno, o sea, de un electrón con un protón solamente*”. En los turnos 146 y 148 la profesora corrige al estudiante y le aclara que esa idea es general, pero ella en ningún momento ha dicho eso, afianzando su autoridad de saber en el aula y a la vez de descontento por la interpretación que están haciendo los estudiantes del concepto carga nuclear efectiva.

(146) P: [No], cada electrón interactúa con la carga nuclear efectiva que le corresponde, eso no es uno a uno, yo te he estado explicando que el electrón interactúa con una carga nuclear efectiva, yo no le he dicho en ninguna parte que un electrón interactúa uno a uno con los protones, eso lo sacaron ustedes pero yo no he planteado eso. Y en el documento que tiene la carga nuclear efectiva usted va a encontrar eso, en el documento le están diciendo eso, yo no me puedo poner a...

En esta intervención, además encontramos un elemento importante y es tener en cuenta que lo que la profesora hace, dice, explica, consigna en los documentos etc. no es precisamente lo que los estudiantes leen o comprenden en su proceso de aprendizaje. Por ejemplo, el proyecto didáctico de la profesora en este momento de la clase, es hacer que los estudiantes al realizar las expresiones formales, se den cuenta que cada electrón interactúa con una carga

nuclear efectiva. Pero en el turno 147 el estudiante afirma que entendió la explicación dada por la profesora en 146, quedando la duda de si realmente comprendió, o más bien dijo que sí, verbalizando una frase para que la profesora quedara satisfecha.

Con respecto a la dificultad en la comprensión del concepto carga nuclear efectiva y el ejercicio propuesto en esta parte de la clase, la profesora dice:

“P (00:07:41): Sí, la idea de ese ejercicio es, por un lado que ellos se den cuenta que hay una interacción eléctrica entre el núcleo y el electrón y esa interacción está definida por la carga nuclear efectiva, porque la ley de Coulomb es interacción entre cargas eléctricas puntuales. Entonces la carga eléctrica del núcleo no es un protón sino que es la carga nuclear efectiva, entonces es lo que les da dificultad a ellos [los estudiantes], pensar que ese Z efectivo no es uno sino muchos y van a interactuar con el electrón; pero también tiene el sentido de que ellos se den cuenta que el electrón interacciona con el núcleo pero también con los demás electrones porque ellos pueden identificar entre atracciones y repulsiones”. (Entrevista 4, p. 3) Autoconfrontación (Anexo 3).

Episodio 13

(La profesora se dirige a otro grupo de trabajo)

(149) Estudiante: Profesora una pregunta, ¿entonces sería hacerlo así?

(150) P: ¿Cuál electrón tomaste?

(151) Estudiante: La del 3d.

(152) P: [REG<] Listo, las unidades de éste, listo cogió el 3d ¿Cuál es la expresión? donde está la expresión, sí estos datos están ya bien. Ahora tú estás con un electrón de valencia interaccionando con esa carga nuclear efectiva ¿sí? entonces como es de valencia tienes también una relación de distancia entre el núcleo y el electrón a esa distancia, por eso tienen el electrón de valencia y el radio atómico ¿Cuál radio atómico vamos a seleccionar? en la tabla de radios...

(153) Estudiante: Profesora ¿el radio atómico es la distancia entre el núcleo y el electrón de valencia?

(154) P: [REG<] Y el electrón de valencia. Entonces para eso, cómo estoy pensando el hierro como un átomo, yo no estoy pensando como átomos enlazados, entonces en esa tabla a la derecha hay dos columnas, hay un radio atómico que se llama radio promedio y otro se llama radio máximo; entonces cuando trabajo con el átomo individual puedo trabajar con uno de esos dos radios, con el máximo o con el promedio, (.) y entonces planteo la ley de Coulomb ¿cierto? porque esa interacción la represento es con la ley de Coulomb.

(Un grupo de estudiantes se une a la discusión)

(155) Estudiante: [DEV<] Profesora llegado el caso de que usted nos hubiera preguntado no por un electrón... si usted nos hubiera dicho los electrones de valencia ¿entonces se tomarían todos esos electrones? por ejemplo la configuración electrónica del hierro es esta. Si usted nos hubiera preguntado, si no fuera un electrón si no que hubiera dicho los electrones de valencia ¿se tomarían ocho?

(156) P: Ah, tienen que tomar los ocho y escribir la ley de Coulomb para cada uno y después sumar.

(157) Estudiante: Se tomaría para cada uno y después lo sumamos.

(158) P: Y después sumarlos y sería la totalidad de las fuerzas de atracción para un electrón de valencia.

En este episodio profesora y estudiantes siguen dialogando sobre la solución del ejercicio. En el turno 154 se da información sobre la importancia de tener claros los conceptos, en este caso del hierro atómico (molécula mononuclear) y hierro metálico (molécula polinuclear). Es por ello que en el ejercicio a priori, se trabajan estas dos nociones y las interacciones que presentan, pero usando moléculas como: sodio metálico, agua, CO₂, dihidrógeno etc. En este mismo turno se resalta el uso esperado de los recursos didácticos que entran al medio, en este caso buscar la información del radio máximo y radio promedio de un átomo en la tabla periódica, y usar la expresión de la ley de Coulomb.

En el turno 155 los estudiantes en su rol, formulan preguntas más allá de lo pedido por la profesora “*Si usted nos hubiera preguntado, si no fuera un electrón si no que hubiera dicho los electrones de valencia ¿se tomarían ocho?* Aquí se puede hablar a la vez de un movimiento mesogenético y cronogenético, ya que los estudiantes al realizar el ejercicio, se acercan al saber haciendo otro tipo de reflexiones para el desarrollo de la tarea y hacen evolucionar el tiempo didáctico.

Episodio 14

(La profesora se acerca a otro grupo de estudiantes del lado)

(159) Estudiante: Profesora sobre la constante que aparece en la ley ¿simplemente la dejamos expresada?

(160) P: Ah, la dejan expresada porque yo no le estoy diciendo que calcule sino que escriba la expresión porque ya eso es lo de menos, usted va a la calculadora, pero es que entienda cómo es esa interacción, que aprenda a pensar, lo demás es hacer un cálculo.

(161) Estudiante: Hay un listado de constantes y esa sería la...

(162) P: Constante eléctrica, ponga la constante eléctrica de la ley de Coulomb y en internet ahí le sale la magnitud.

(La profesora les deja a los estudiantes una tarea)

(163) P:...Estudiar para la próxima clase la expresión de Broglie para las ondas de materia. Eso está en los textos de química general... ahí les aparece esta expresión.

Lo importante de este episodio específicamente en el turno 160, es que la profesora es clara con respecto al proyecto didáctico del ejercicio en la clase: lo significativo es que los estudiantes comprendan cómo se da la interacción electrón-núcleo en un átomo, más que hacer un cálculo. Aquí también se puede hablar de una regla de juego en donde la profesora no da todos los datos a los estudiantes, incentivándolos a consultar la información (161 y 163), tratándose a la vez de una norma estipulada en el contrato didáctico de la clase y a la vez de una disposición profesional.

Cronogenéticamente la clase se termina porque son las 10 am (163). Generalmente los estudiantes quedan con una tarea pendiente para la clase siguiente, sea realizar ejercicios de aplicación de temas vistos o estudiar algún documento o tema para la próxima clase, como es el caso de esta sesión.

Este episodio se presentó en otro semestre (2013-II), con este mismo tema de clase (átomos, moléculas mononucleares y polinucleares)

Episodio 15

Una definición de molécula que está en el libro y en internet

(164) John: Profesora yo encontré una definición de molécula en un libro.

(165) P: Que se entiende por molécula. Es la misma que encontró en un libro, listo que encontraste John

(166) John: Que es la parte más mínima de la sustancia que todavía conserva las propiedades, las propiedades específicas. Por ejemplo una molécula de agua... *(La profesora escribe la definición en el tablero)*

(167) P: [REG<] Bueno entonces yo les devuelvo la pregunta a todos ustedes, después de hacer este curso que empezó en octubre del año pasado y estamos en abril, ¡sí!, después de todo lo que hemos hecho y trabajado. Yo les pregunto si ustedes están de acuerdo con esta definición (.)

(168) Estudiantes: No (*y mueven la cabeza*)

(169) P: Ustedes pueden abrir un millón de páginas en internet y eso está ahí en un millón de veces. Puede coger libros de 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y eso está ahí. Pero hay muchos libros que tampoco tienen eso, y muchas páginas de internet no tienen eso. Pero usted va a buscar la definición y que dificultad encontrarla. Después de lo trabajado en esta aula ustedes están de acuerdo con esa definición “La parte más mínima de la sustancia que conserva las propiedades específicas” (6s).

(170) Juan: Profesora usted está de acuerdo con esa definición?

(171) P: No, no, yo si la estoy devolviendo, como he trabajado 6 meses con ustedes. Primero quiero que opines tú, luego opino yo.

(172) Juan: Profesora, usted no está de acuerdo.

(173) P: Tu infieres que yo no estoy de acuerdo, eso es válido, pero el problema no es que yo no esté de acuerdo, el problema es si tú estás de acuerdo, eso sí es un verdadero problema, porque tu estas en situación de aprendizaje y yo estoy en situación de enseñanza. Estamos en situaciones distintas los dos, entonces eso es distinto (8s). Cristian estás de acuerdo con esa definición, pero guarde ese aparato (el celular).

(174) Cristian: (5s) No es que yo estoy buscando.

(175) P: Es que yo no los puse a buscar, los puse a que piensen.

(176) Cristian: Si señora.

(177) P: Está de acuerdo con esa definición Cristian.

(178) Cristian: De molécula? (.) Pues es la definición de molécula que está en internet (*el estudiante la acaba de buscar con su celular*)

(179) P: Tú estás de acuerdo, después de todo esto y tu experiencia, tú tienes una experiencia muy interesante, estás de acuerdo con esa definición (*La profesora vuelve y repite la definición de molécula que escribió en el tablero*). ¡Le ayudo!, dígame propiedades específicas de las sustancias.

(180) Cristian: [DEV<] Densidad, masa molecular, temperatura de ebullición, energía de ionización, entalpia de atomización.

(181) P: [REG<] Esas propiedades son propiedades de la molécula, (*la profesora vuelve y repite la definición que escribió en el tablero*). Dígame la molécula tiene densidad, tiene temperatura de ebullición, la molécula tiene entalpia de atomización, la molécula::, tiene temperatura de fusión por ejemplo.

(182) Deisy: Profesora, yo creo que este documento le aclara las dudas, si resolvió el documento... (*La estudiante se refiere a uno de los documentos de estudio*)

(183) P: Si, este documento le aclara todas las dudas, claro. Es que como yo he entregado estos documentos y los he puesto a trabajar todo el semestre.

(184) John: Profesora la traje (*la definición de molécula*) porque era que habían cosas contradictorias que lo confunden a uno, cierto. Mirando en internet y mirando los documentos había cosas contradictorias que no concordaban.

(185) P: [REG<] Por eso tú tienes que tomar una decisión, si le aceptas al internet tú entras en confusión, muy bien, te confundes, es que allá dice distinto que aquí, listo de eso se trata y tú tienes que tomar una decisión, cuál tomas?, o toman todos ustedes. El problema es que tú resuelvas esa confusión. Si tú eres capaz de rebatir o no, esta definición, si eres capaz de argumentarla defendiéndola o eres capaz de argumentarla criticándola. Ese es el problema. Ah:: sí, la profesora dijo, Ah sí, el libro dice. Eso es interesante pero no hice nada. Se le ha dado argumentos para que usted se cuestione rechace, acepte. La molécula tiene temperatura de fusión por ejemplo, el punto de ebullición, de fusión depende de qué?

(186) Estudiante: [DEV<] De las interacciones intermoleculares de varias moléculas no de una molécula.

(187) P: [REG<] De las propiedades intermoleculares de varias moléculas no de una molécula, pero eso lo pongo con los conceptos y con el trabajo que se ha realizado.

(188) P: Entonces vas a contradecirla o la vas a defender.

(189) John: Profe borrón y cuenta nueva.

(190) P: No porque eso te lo vas a seguir encontrando (*la profesora se ríe y los estudiantes también*). No:, voy a ser consciente de no utilizar esa definición porque ella sigue ahí, ella seguirá en internet, seguirá en los libros y seguirá en la boca de muchas personas. La dejare yo de usar conscientemente? Entonces listo estamos de acuerdo, que es lo que estamos de acuerdo John.

(191) John: Estamos de acuerdo en que las propiedades de las sustancias se deben a las fuerzas intermoleculares, de varias moléculas no de una sola molécula.

(192) P: [INST<] De los agregados moleculares. Las propiedades de las moléculas se explican en términos de las interacciones entre las moléculas.

(193) John: ¿Entonces una molécula en sí?

(194) P: Una molécula en sí, es una entidad abstracta que me ayuda a pensar en química, pero una molécula es una unidad de interacciones entre núcleo o núcleos y electrones. De fondo nuestra molécula hoy en día es un problema de núcleos y electrones. Ese es nuestro problema fundamental de las moléculas. Ahora el problema de las propiedades de las sustancias las pienso en términos de interacciones entre moléculas y las propiedades químicas es transformar las sustancias, entonces si yo transformo las sustancias estoy transformando las moléculas cualesquiera sean, mononucleares o polinucleares... Un átomo es una abstracción, un modelo, eso es un átomo. Por eso las propiedades físicas y químicas se piensan en términos

de moléculas, si, entonces yo no estoy de acuerdo con esa definición, le confirmo, no estoy de acuerdo si (*la profesora se ríe*).

Como tampoco estoy de acuerdo con decir como dicen los libros “que la mínima partícula de materia es el átomo” Ah, no estoy de acuerdo, eso dicen los libros y el internet, que la estructura de la materia es atómica, yo cuestiona eso, porque yo no creo que la estructura de la materia sea solo atómica, porque::: esta hoja de papel no es atómica, esta hoja de papel es mo-le-cu-lar, este cabello mío o el suyo no es atómico, es molecular, el agua es molecular, el cloruro de sodio es molecular, entonces yo cuestiono eso, que la estructura de la materia es atómica y todo el mundo repite eso. Por ahí me estoy escribiendo algo para refutar eso.

(195) John: Eso lo dice basado en toda su experiencia.

(196) P: Ah: sí, pero mi experiencia no dando solo clases, mi experiencia pensando, leyendo y estudiando. Pues no solo la experiencia del hacer, sino la experiencia del pensar que es distinta. La experiencia del hacer es distinta a la experiencia del pensar pero las dos se relacionan... Bueno yo les entregué este documento, en este documento para la próxima clase están los diagramas de energía, lo leen y la próxima clase se inicia con este documento.

En todo este episodio se puede decir que se está negociando el significado del término molécula, rebatiéndose una definición encontrada por un estudiante en un texto (166) y luego otro estudiante en la clase encuentra lo mismo en internet (178). En el turno 168 la mayoría de los estudiantes dicen que no están de acuerdo con la definición traída por el compañero que dice: “*la molécula es la parte mínima de la sustancia que conserva las propiedades*”.

En el turno 169 la profesora utiliza una expresión algo exagerada para indicar a los estudiantes que esta definición se encuentra muy a menudo en los textos y en internet, y continúa preguntando a los estudiantes si están de acuerdo con la definición, recalcando tener en cuenta lo trabajado en el aula. En el turno siguiente (169), el estudiante espera que sea la profesora la que le responda si la definición es correcta o incorrecta en una posición pasiva de recibir toda la información del profesor, a lo que la profesora le responde que primero la respuesta la dan los estudiantes y luego ella complementa o valida su opinión.

En el turno (172) el estudiante se apoya en los gestos de inconformidad de la profesora con la definición y simplemente responde que ella no está de acuerdo, pero la pregunta no es si la profesora está o no de acuerdo, sino, si los estudiantes están de acuerdo. La profesora les recuerda su rol en esta aula que es hacer parte activa del juego del saber en su posición de aprendizaje. En este mismo turno la profesora al ver que el estudiante no responde y evade

sus preguntas maliciosamente, posiblemente por no estar seguro de cómo argumentar la respuesta, le pregunta a otro estudiante (Cristian).

Cristian es un estudiante que a menudo usa su celular para buscar información de lo que se está conversando en clase (174), pero la profesora le pide que piense su respuesta más que buscarla en internet (175). Cristian verifica que la definición que está en una página de internet es igual a la encontrada por su compañero en un libro (178). Cuando la profesora se refiere al estudiante diciéndole que tiene “una experiencia interesante”, se debe a que este alumno se cuestiona bastante en las clases y hace buenos aportes (179) *“Tú estás de acuerdo, después de todo esto y tu experiencia, tú tienes una experiencia muy interesante, estás de acuerdo con esa definición”*. La profesora le brinda apoyo para su respuesta preguntándole por las propiedades específicas de las sustancias y el estudiante menciona varias (180), haciendo uso de su memoria didáctica de temas previos.

En el turno 182, otro estudiante opina que esa información está en uno de los documentos de estudio y complementa con la expresión *“si resolvió el documento”*, es decir parte de la tarea del documento. La profesora apoya lo dicho por la estudiante a modo de llamado de atención, sobre la lectura y trabajo de los documentos que deben hacer los estudiantes a lo largo del semestre (contrato didáctico). En el turno siguiente (184), el estudiante menciona que trajo la definición porque la encontró contradictoria con lo visto en clase. En el turno siguiente (185) la profesora y el estudiante están negociando el significado de molécula, en donde la profesora enfatiza la importancia de ser selectivos con la información y además argumentar porque se acepta o se rechaza los contenidos encontrados en diferentes medios.

En la intervención 186 el estudiante con la ayuda de la profesora, aporta una idea importante al hablar de las interacciones intermoleculares, de las cuales dependen las propiedades físicas de las sustancias y que implican varias moléculas (punto de fusión, punto de ebullición etc.). Aquí la profesora trata de que los estudiantes establezcan puentes cognitivos entre los conocimientos previos y los nuevos, es decir la importancia de las fuerzas intermoleculares para entender las propiedades de las sustancias. A lo que la profesora complementa en (187) *“De las propiedades intermoleculares de varias moléculas no de una molécula, pero eso lo pongo con los conceptos y con el trabajo que se ha realizado”*.

En 188 la profesora quiere escuchar puntualmente del estudiante si contradice o defiende la definición de molécula, pero este en 189 responde “Profe borrón y cuenta nueva”. En ciertos momentos los estudiantes no le dan la importancia al trabajo de concientización que está tratando de hacer la profesora en esta aula, creen que ya tienen todo claro, o que es simplemente “borrar” en el sentido literal, lo que tienen en la mente. Además es probable que al dificultárseles argumentar sus respuestas, se quieren librar de la situación con frases espontáneas como la anterior. Pero en 190, la profesora insiste en su rol y entre risas y regaños le dice al estudiante que esa situación se le seguirá presentando y que debe de hacer conciencia y tener claro porque no es adecuada esa definición. En el turno siguiente (190), la profesora menciona la palabra “acuerdo” en la expresión “Entonces listo estamos de acuerdo, qué es lo que estamos de acuerdo John? A lo que el estudiante responde en 191, “Estamos de acuerdo en que las propiedades de las sustancias se deben a las fuerzas intermoleculares, de varias moléculas no de una sola molécula”. La profesora como autoridad del aula le complementa su respuesta en 192.

Este acuerdo o consenso al que trata de llegar la profesora es una forma de construir los conocimientos de forma coherente, para deshacer las discrepancias en las ideas que se van construyendo, así mismo incorporar nuevas definiciones, explicaciones y significados a la clase. Es así como a partir de las ideas que aparecen en esta aula se plantea toda una actividad discursiva encaminada a que se acepten nuevas versiones fundamentadas, argumentadas por la actividad científica. El rol que la profesora asume en este episodio es de guía, la cual interroga, por así decirlo, el texto o la internet, para finalmente ofrecer la versión correcta, tratando de que en ella participen los estudiantes.

En 193 el estudiante queda entonces con la duda de que es una molécula en sí (individual) y la profesora le responde en 194 *“Una molécula en sí, es una entidad abstracta que me ayuda a pensar en química, pero una molécula es una unidad de interacciones entre núcleo o núcleos y electrones. De fondo nuestra molécula hoy en día es un problema de núcleos y electrones. Ese es nuestro problema fundamental de las moléculas... Un átomo es una abstracción, un modelo, eso es un átomo. Por eso las propiedades físicas y químicas se piensan en términos de moléculas, si, entonces yo no estoy de acuerdo con esa definición, le confirmo, no estoy de acuerdo si”* (la profesora se ríe).

En ese mismo turno la profesora trae a la clase otra definición encontrada en los libros y en internet: *“la mínima partícula de materia es el átomo”* con la cual ella tampoco está de acuerdo, y sobre lo cual está escribiendo algo. Uno de los estudiantes le pregunta que si lo que dice lo hace desde su experiencia (docente) (195), a lo que la profesora le responde *“Pues no solo la experiencia del hacer, sino la experiencia del pensar que es distinta. La experiencia del hacer es distinta a la experiencia del pensar pero las dos se relacionan”*. Aquí la profesora da muestras de que en ocasiones lo empírico y lo aprendido por uno mismo a través de su propia reflexión, tuviese más peso retórico que el conocimiento formalizado, o al menos lo complementa. Para Cros (2003) esta situación hace parte de una estrategia basada en el argumento de autoridad, la cual busca que se admita una tesis poniéndola para ello en relación con su autor (la profesora). Según Cros, la eficacia de estas estrategias dependerá de la aceptación por parte del auditorio de la autoridad de la voz invocada, que puede ser una autoridad ajena a la clase, algún científico o autor relevante en la materia o la autoridad del propio profesor, siendo este último el caso específico mencionado aquí.

Pero finalmente se puede decir que este tipo de situaciones en el aula puede generar inquietud en los estudiantes, y es probable que les quede algo de lo conversado aquí. Además la profesora también representa para ellos una autoridad académica y su forma de proceder y lo compartido en esta aula les puede dejar bastante expectación por el conocimiento.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo 9. Transcripción y análisis de los episodios relevantes de la sesión 3

Episodio 1

En este episodio Marcos hace una pregunta relacionada con las fuerzas de atracción y repulsión en átomos y moléculas y las diferencias de magnitud de las mismas.

(1) P: Buenos días (10s)

(2) P: ¿Desean compartir la pregunta o duda que escribieron?

(3) Marcos: Profesora yo (4s) yo quiero saber si las fuerzas de atracción o repulsión dentro del átomo son iguales o son diferentes a las que habían entre ambos, o sea, entre una molécula polinuclear.

(La profesora toma nota)

(4) P: ¿Iguales a quién?

(5) Marcos: O sea [---] a las que se originan entre los átomos.

(6) P: Muy bien (.) pregunta Marcos que si las fuerzas de atracción en un átomo son iguales a las fuerzas eléctricas de atracción nucleares ¿Otra pregunta que deseen compartir? (13s) Bueno, entonces vamos a darle respuesta a esta pregunta.

(7) Marcos: Profesora ¿entre esas fuerzas siguen siendo las mismas?

(8) P: No, las mismas no son ¿por qué las mismas? por qué las mismas si aquí tú tienes un núcleo con electrón y aquí tienes núcleo con muchos electrones ¿por qué van a ser las mismas? ¿A qué te refieres con las mismas?

(9) Marcos: O sea a la magnitud de esa fuerza...

(La profesora se para frente al tablero y hace la representación de la molécula de dihidrógeno, y la ley de Coulomb, para usarlas en la explicación que le hace al estudiante).

(10) P: No, cómo van a ser iguales, no porque mira que la fuerza eléctrica de atracción ¿cómo expreso una fuerza eléctrica de atracción? directamente proporcional a la magnitud de las cargas eléctricas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Iguales no son porque esta magnitud depende de las cargas nucleares de cada núcleo, entonces tú vas a tener una carga nuclear efectiva por la carga del protón, vas a tener la carga eléctrica del electrón y vas a tener una distancia pero esta distancia no es la misma (La profesora señala estos valores en la ley de Coulomb), ¿cómo va a ser la misma distancia acá de un núcleo a un electrón que acá de este núcleo a este electrón? (la profesora señala los dos átomos de hidrógeno que forman la molécula de dihidrógeno), eso no es lo mismo, iguales no son, porque si son iguales entonces yo no tengo dos átomos, entonces tengo un solo átomo. Estoy pensando sólo con un núcleo y electrones pero si yo pienso con esta relación las interacciones eléctricas de atracción, esta distancia aquí está cambiando siempre, entonces se va a cambiar ya la carga eléctrica; no son iguales. Si pones esta relación en tu pensamiento esas fuerzas eléctricas no son de igual magnitud. Entonces si con iguales te estas refiriendo a magnitudes, no son iguales las magnitudes, no son iguales porque tienes la magnitud de la carga nuclear que es diferente y las distancias entre el núcleo y electrón son diferentes y eso te va a dar magnitudes diferentes...Las interacciones de un átomo de hidrógeno y de una molécula de dihidrógeno son distintas...

La profesora inicia con un saludo y luego en el turno 2, realiza una actividad que es común en la mayoría de sus clases: los estudiantes deben expresar o preguntar las dudas que tengan; en este caso se deben referir a una pregunta que cada estudiante escribió al finalizar el quiz. En el turno 3, un estudiante hace una pregunta y la profesora toma nota, asumiendo que varios estudiantes van a preguntar. Aquí se evidencia que la dinámica que la profesora tenía pensada para esta primera parte de la clase era resolver las inquietudes de los estudiantes, pero solo Marcos pregunta si hay diferencias entre las fuerzas de atracción y repulsión de moléculas mononucleares (átomos) y polinucleares. En esta duda del estudiante se nota que está haciendo relaciones de dos temas trabajados recientemente: las fuerzas de interacción eléctrica y moléculas mononucleares y polinucleares, es decir está ligando saberes.

En el turno 4, la profesora con otra pregunta ayuda al estudiante a concretar su duda “¿Iguales a quién?”, a lo que el estudiante responde en 5 “O sea [---] a las que se originan entre los átomos”. En el turno 6 la profesora enuncia al grupo la duda del estudiante y en 7, el estudiante pregunta que si esas fuerzas de atracción y de repulsión en átomos y moléculas son las mismas, a lo que la profesora en el turno 8 hace una contra-pregunta y le dice “¿por qué van a ser las mismas? ¿A qué te refieres con las mismas?, y el estudiante responde en 9, “O sea a la magnitud de esa fuerza...”. En este punto la profesora debe concretar a qué apunta la duda del estudiante, ya que en ocasiones resulta complejo entender lo que está pensando el estudiante. A este respecto Fairstein (2014), expresa que frente a la pregunta, la intervención del profesor se origina en su interpretación de la duda y pretende seguir el razonamiento expresado por el alumno. Ello permite al docente elaborar una respuesta que ayude a la reorganización de los conocimientos del alumno.

En el fragmento 10, la profesora responde la duda de Marcos usando el tablero para mostrar ayudas representacionales y ecuaciones como la ley de Coulomb, que le permiten explicar la magnitud de las interacciones en la molécula, en este caso de dihidrógeno. ... ¿cómo va a ser la misma distancia acá de un núcleo a un electrón, que acá de este núcleo a este electrón? (la profesora señala los dos átomos de hidrógeno que forman la molécula de dihidrógeno) eso no es lo mismo, iguales no son, porque si son iguales entonces yo no tengo dos átomos, entonces tengo un solo átomo.

Lo interesante de esta intervención es que además de la carga conceptual, que en este caso la profesora introduce en el medio a modo de resumen de los aspectos tratados en las otras sesiones de clase sobre las interacciones en el átomo, aquí se da un elemento de interconexión, pero en este caso centrándose en una diferencia entre fuerzas de atracción de un átomo y una molécula polinuclear. Es decir la profesora se vale de las dudas de los estudiantes para poner relevancia en asuntos importantes del texto del saber en esta aula. En esta parte también es importante resaltar ciertas consideraciones que comunica la profesora cuando se refiere a: *Estoy pensando, si yo pienso, si pones esta relación en tu pensamiento*. Estas expresiones hacen parte del fragmento 10 como se muestra a continuación.

(10) P:....Estoy pensando sólo con un núcleo y electrones, pero si yo pienso con esta relación las interacciones eléctricas de atracción, esta distancia aquí está cambiando siempre, entonces se va a cambiar ya la carga eléctrica; no son iguales. Si pones esta relación en tu pensamiento esas fuerzas eléctricas no son de igual magnitud.

Aquí es evidente que el proyecto de la profesora en el anterior turno, es que los estudiantes centren su atención en los enunciados que los invitan a pensar y a hacerse representaciones de las ideas transmitidas sobre las interacciones eléctricas de atracción. Se puede decir que este tipo de intervenciones en el aula al hacerse de modo grupal, le permite a la profesora interpretar los procesos constructivos de los estudiantes, e intervenir didácticamente con la intención de modificarlos en dirección a la adquisición del objeto de enseñanza, en un nuevo contexto de significado.

Al respecto sobre este momento de la clase, la profesora comenta en una de las entrevistas:

P (00:45:56): Yo insisto mucho en enunciar molécula polinuclear o átomo porque en el átomo hay un núcleo interaccionando con el electrón o electrones, pero las moléculas polinucleares, si puedes tener por ejemplo el agua, ya tienes tres núcleos y están interaccionando con el electrón, entonces eso es mucho más complejo... para que el estudiante se haga una imagen de que una molécula polinuclear no es simplemente sumar átomos, porque ellos tienen la idea de sumar átomos y no es eso, entonces cambia y lo que estoy sumando es una mezcla no una molécula, el concepto no es sumar, la suma mecánica... (Entrevista 4. p. 15). (Anexo 3).

Episodio 2

(11) P: ¿Alguna otra pregunta?

(12) Carla: Profesora ¿cómo se genera la energía en un átomo?

(13) P: ¿Cómo?

(14) Carla: ¿Cómo se genera la energía en un átomo?

(15) P: ¿Cómo se genera la energía en un átomo? ¿A qué te refieres?

(16) Carla (03:44): En un átomo, en la función de onda genera energía, pues, se refiere a la energía.

(17) P: ¿Si un átomo libera energía te refieres?

(18) Carla: Pues sí ¿cómo se genera, si se genera?

(19) P: <REG> Es que en la interacción hay energía, o sea en toda interacción sea eléctrica, electromagnética, nuclear o cualquiera; a esta energía eléctrica le corresponde una energía potencial, entonces siempre una interacción es a la vez energía, entonces el átomo en sí mismo es energía. Esta energía eléctrica es proporcional a la magnitud entre las cargas e inversamente proporcional a la distancia... (La profesora muestra a los estudiantes la ecuación de Coulomb que está escrita en el tablero). Entonces la interacción en sí misma es energía, ahora un átomo al relacionarlo con la función de onda, esa interacción que es energía yo la represento en un átomo con la ecuación de Schrödinger, la energía cinética, actuando sobre la función de onda, más la energía potencial que actúa sobre la función de onda, es la energía del electrón actuando sobre la función de onda. Esto expresa la energía del electrón en el átomo. Toda interacción física es energía, ahora que un átomo absorba o libere energía esa es otra cuestión, el átomo o la molécula puede estar en dos situaciones, puede absorber energía *dependiendo del contexto donde se encuentre* o puede estar en situación de emitir energía, absorber energía, emitir energía (la profesora sigue explicando en el tablero usando representaciones matemáticas de la ecuación de Schrödinger). Cuando esto sucede los electrones se están modificando en el átomo, por ejemplo en el hidrógeno, un electrón puede absorber energía y pasar de $1s^1$ a $2s^1$ o a $7p$, y este será un átomo excitado, y a la vez el electrón puede liberar energía y volver al $1s^1$, o sea a su estado basal... Todo electrón, sea de un átomo o molécula polinuclear se representa con una función de onda ($\psi(n, l, m)$), y la función de onda se trata en términos de definir la energía que le corresponde. O sea todo átomo y toda molécula es energía finalmente y se expresa en términos de números cuánticos, (4s) en el átomo lo llamo orbitales atómicos, (6s), y los electrones en el átomo pueden absorber o liberar energía, esto hace que se modifiquen los estados de energía de los electrones en el átomo.

(20) P: ¿Alguna otra pregunta?

En el turno 11 la profesora consulta al grupo si tienen otras preguntas, para lo cual una estudiante plantea una inquietud sobre la energía: (12) “Profesora ¿cómo se genera la energía en un átomo?”. Esta pregunta es similar a la anterior en cuanto que los estudiantes centran sus dudas e inquietudes en aspectos abstractos del tema, en este caso comprender de dónde el átomo genera energía. La estudiante está reflexionando sobre el comportamiento interno del átomo.

Desde el fragmento 13 hasta el 18, la profesora le hace preguntas a la estudiante para que ella le explicite en que se centra la duda o que la generó, hasta llegar a un aspecto importante que es la función de onda y la energía asociada a esta.

(15) P: ¿Cómo se genera la energía en un átomo? ¿A qué te refieres?

(16) Estudiante: En un átomo, en la función de onda genera energía, pues, se refiere a la energía.

En el turno 19 la profesora se vale de la pregunta de la estudiante para resumir aspectos ya trabajados sobre el modelo atómico cuántico (orbital atómico, configuración electrónica, fuerzas eléctricas, ley de Coulomb, energía potencial etc.), y al mismo tiempo introduce elementos importantes de la clase en curso (transiciones electrónicas, absorción y emisión de energía etc.), para aclarar la duda de la estudiante. Además la profesora no se queda solo con la explicación discursiva, sino que hace uso del tablero para representar fórmulas como la ecuación de Schrödinger y representaciones gráficas que ayudan a dar respuesta a la pregunta de la estudiante.

Pero de acuerdo a (Galagovsky et al. (2003), la significación que se da a las palabras, a las oraciones o a los dibujos es algo que ocurre “dentro de la cabeza” de los sujetos, esta destreza cognitiva no se puede “ver” ni percibir mediante los sentidos. Según estos mismos autores cuando un profesor escribe una ecuación, o un gráfico, o una fórmula, estos símbolos tienen sentido para él y para otros expertos. En cambio, para un novato, esa sintaxis pueden no tener ningún tipo de significación o bien puede darle otra significación, desde su “buen saber y entender”, desde su sentido común, desde su conocimiento cotidiano. En este caso queda la duda si a la estudiante le resultó clara la información o satisfizo su vacío conceptual, ya que el tema de la energía en el átomo es abstracto y resulta complejo para los estudiantes a este nivel, en el sentido de que este es su primer acercamiento con el modelo mecánico-cuántico de átomo.

Al respecto de esta pregunta la profesora dice:

P: ... la interacción acompaña a la energía, interacción es energía finalmente también, entonces ellos [los estudiantes] no se imaginan que esa interacción es la que genera energía ¿entonces por qué? Porque aunque hayan estado en las clases, ellos siguen pensando que el electrón es una cosita, entonces claro, ella (la estudiante) no ve cómo generar energía, pero es que no se genera energía por el electrón en sí mismo, sino la interacción núcleo-electrón y con los otros electrones... entonces ellos no están pensando en eso. (Entrevista 4 p, 13) Autocofrontación. (Anexo 3).

Las dos preguntas anteriores son dudas que los estudiantes exponen de forma espontánea y ponen en evidencia la comprensión del alumno sobre el tema. A este respecto Fairstein (2104), habla de la importancia de este tipo de dudas ya sea porque apuntan a requerir una

aclaración, profundización o ampliación del tema explicado, o porque solicitan la constatación de si se está entendiendo correctamente el tema, porque indagan por la relación de este con otro tema en particular etc. Se considera que estas preguntas, así como el tipo particular de diálogo que generan, presentan rasgos diferenciales que las tornan interesantes objetos de análisis ya que dan pistas sobre los vacíos conceptuales de los estudiantes.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo 10. Transcripción de los episodios relevantes de la sesión 4

Episodio 1

El orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio

(1) Pablo: Profesora yo al arrancar el electrón de un átomo estoy disminuyendo el espacio que necesita...

(2) P: Tú no disminuyes espacio, estas liberando electrones. El orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio. Ocupado es que el átomo tiene un espacio y llega un electrón y se acomoda. Ese no es el átomo, el átomo construye el espacio si hay electrones para construir el espacio, si no hay electrones para construir espacio, no hay espacio....En este salón si aquí hay un hueco, este salón hay un espacio, hay una caja que espera que nosotros entremos para acomodarnos, pero el átomo no es así. El átomo es un problema de interacciones, si es un problema de interacciones, si hay interacciones se crea el espacio, si no, no hay. Las interacciones finalmente son energía...

(3) Mateo: Profesora entonces la mayoría de los libros tienen ese error, de que toman al orbital como un espacio en el cual se van colocando el electrón. Yo leí Petrucci, Chang, este otro libro que tengo aquí y siempre decían eso...

(4) P: [REG<] Pueden haber errores de traducción porque esos libros fueron publicados en inglés, puede que el traductor al español, lo interpreta como una caja para poner electrones, puede que el autor del texto no esté diciendo eso. El autor original que es el que está en inglés, puede que el traductor al español diga de otro modo, lo interprete de ese modo.

En los turnos 1 y 2 el estudiante le pregunta a la profesora sobre el espacio ocupado por el orbital y su disminución con la presencia o no de electrones. A pesar de que se ha hablado bastante del orbital en clases anteriores, los estudiantes continúan con inquietudes que revelan que están tratando de acercarse a la comprensión del comportamiento de los electrones en el orbital. Aquí el estudiante muestra que está entendiendo el orbital como un espacio que existe en el átomo, y que es ocupado en algún momento por los electrones, similar a como se representa en la distribución electrónica. Es allí en donde el topos de la profesora consiste en tomar como apoyo las preguntas y respuestas de los estudiantes, las conductas gestuales y sus producciones verbales, ya que estas constituyen indicios sobre la interpretación de la tarea y de los contenidos.

A este respecto Solbes y Sinarcas (2010), realizaron un estudio sobre las ideas alternativas sobre la física cuántica que aparecen en algunos textos de física y química a nivel de secundaria en España y encontraron que en particular cuando se habla de orbital atómico, se considera que es una zona del espacio que los electrones pueden ocupar, es decir, existe la idea del “orbital estantería” independientemente de que haya o no electrones.

En el turno 2 la profesora usa ejemplos que relacionan espacios cotidianos (salón de clase, una caja), para mostrar la diferencia con el orbital “*El orbital no es espacio ocupado, es construcción del espacio*” “*En este salón, si aquí hay un hueco, este salón hay un espacio, hay una caja que espera que nosotros entremos para acomodarnos, pero el átomo no es así*”. Estos elementos representacionales, permiten a los estudiantes crear condiciones para la comprensión de un concepto, y pueden servir para sugerir nuevas ideas y para hacer que sean entendibles ciertos elementos del modelo (bien por el símil o por diferencia). Pero para los estudiantes la explicación mediante ejemplos sigue siendo compleja, porque le están diciendo lo que no es, ya que lo que es, es difícil de materializar con un ejemplo por lo abstracto del modelo. Aquí la profesora es enfática en aclarar que el comportamiento de esos objetos y las experiencias realizadas no reproducen el modelo atómico ya que la materia a escala atómica no se comporta igual que a escala macro, quedando claro que el modelo cuántico del átomo que se conoce hoy, es complejo de representar con un modelo físico; podemos decir que ni siquiera es posible una traducción de un modelo al otro (físico al cuántico), ya que se trata de dos paradigmas diferentes.

A nivel mesogénético la profesora continúa haciendo énfasis en la consigna (2) “*El átomo es un problema de interacciones*”, es decir nuevamente da pistas de ideas claves que se deben tener presente en la comprensión del modelo. Estas expresiones se van adhiriendo a la trama conceptual de la clase y hacen parte importante del medio.

En los turnos 3 y 4 se da una situación interesante cuando el estudiante le expresa a la profesora que en los libros se encuentra la idea de “...*orbital como espacio en donde se van colocando los electrones*” por lo tanto esto es un error. El estudiante se refiere a la forma como los textos (en este caso de nivel universitario), tratan de ilustrar la cantidad de electrones en cada orbital y su ubicación en el mismo, algo similar a como lo describe Solbes y Sinarcas (2010), cuando habla del “orbital estantería”. En (4) la respuesta de la profesora se centra en un tema relacionado con la transposición didáctica, que hace alusión a cómo la información se va tergiversando o se interpreta de una manera para hacerlo más gráfico y entendible al público (en este caso los estudiantes). Aquí estaríamos hablando de un aspecto de la transposición externa. (4), “*Pueden haber errores de traducción porque esos libros fueron publicados en inglés, puede que el traductor al español, lo interpreta como una caja*

para poner electrones, puede que el autor del texto no esté diciendo eso. El autor original que es el que está en inglés, puede que el traductor al español diga de otro modo, lo interprete de ese modo”.

Como señala Chevallard, se considera el conocimiento escolar como producto de un proceso de *transposición* en donde intervienen científicos, educadores y didactas de la ciencias, lo que implica que los saberes que aprenden y construyen los estudiantes no son propiamente los que producen los científicos. Es así como al abordar el tema de lo que el docente enseña y como lo enseña, se debe tener en cuenta que es con base en su saber teórico, profesional y práctico. En este proceso se realiza una traducción de un contenido de saber a un contenido a enseñar (Chevallard, 1997, p. 45). Aunque se supone que a nivel universitario no se debe hacer transposición.

Otro aspecto importante de resaltar del turno 3 es que los estudiantes reconocen los errores que tienen en la concepción de ciertos conceptos del modelo. Esto favorece la intersubjetividad, ya que el alumno está adoptando un nuevo significado al reconstruir la idea de orbital que tenía por medio de un diálogo transaccional con la profesora. Además el encontrar que los estudiantes hacen referencia en su discurso a un texto, rebatiendo la información que se da en el mismo, se torna muy interesante, pues muestra cómo los estudiantes tienen su propia voz (empiezan a decantar la información), y cómo estos no son meros receptores pasivos que asumen tal cual la información que el profesor, un texto, u otro compañero les aporta, sino que participan con sus intervenciones mediante versiones alternativas al conocimiento que se está construyendo en el aula.

Episodio 2

Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.

(5) Mateo: Profesora cómo se explica que en la atracción que el núcleo tiene hacia los electrones, cuando los electrones están creando orbitales, cómo se explica de que al final los electrones no choquen con el núcleo.

(6) P: Por los números cuánticos, tu todo lo explicas en términos de la función de onda, pero la función de onda implica varias variables, un estado de energía, un momento angular, un momento magnético, la interacción de esas tres variables es lo que hace que el electrón no caiga en el núcleo, porqué, porque es un modelo cuántico, si yo estoy en el modelo clásico de energía, el electrón debe caer en el núcleo pero en el modelo cuántico el electrón no cae al núcleo, porque en el modelo cuántico tengo unas

restricciones de la función de onda, y esas restricciones se expresan en números cuánticos...En el modelo clásico puede haber estado cero, pero en el cuántico no.

(7) Mateo: ¿Profe por qué no puede haber el estado cero?

(8) P: Pues para eso tengo que resolver matemáticamente la función de onda, es que esa es la cuestión, porque tú estás representando al electrón como un objeto dual y esa representación es una función de onda matemática y esa función de onda la manipulo y la transformo para determinar energías. Pero mi electrón fundamentalmente es una función de onda matemática, con eso es que lo estoy pensando en el modelo cuántico, no como una partícula simplemente, acepto las características de la partícula, pero no lo trato como una partícula.

(9) Mateo: ¿Cuantitativamente sería eso y cualitativamente sería?

(10) P: No, no, no cuantitativamente no.

(11) Mateo: Para poder explicar que no haya un nivel cero, eso es matemático, eso sería cuantitativo.

(12) P (00:14:43): Eso no, ese es el tratamiento formal. Porque cuantitativamente al final lo que tu determinas es la energía del electrón, tu no le pones magnitud a la función de onda, tienes una función de onda para expresar el movimiento de un electrón, la función de onda te representa el movimiento, las interacciones del electrón en el átomo. Cuantitativamente determino la energía del electrón en el átomo.

(13) Mateo: Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo.

(14) P: Tengo que tener números cuánticos. Eso tiene que ser con la mecánica cuántica, es decir me tengo que comprometer con tratar la función de onda. Cuando determinas las expresiones de la energía según la función de onda, eso no te permite que nunca la energía sea cero para caer en el núcleo. Y cuando eso sucede, porque eso sucede, cuando un electrón colisiona con el núcleo, yo ya no tengo átomo, ni tengo interacciones, mi problema es nuclear porque estoy violentando al núcleo atómico.

(15) Mateo: Según lo que leí el átomo se destruía.

(16) P: No hay átomo, lo que tengo son transformaciones nucleares y eso me implica pensar diferente a este mundo en que estoy. Estoy en un mundo donde las cosas son objetos puntuales, pero el electrón no es un objeto puntual.

En este el turno 5 el estudiante al hacer la pregunta usa adecuadamente el lenguaje cuando dice “...cómo se explica que en la atracción que el núcleo tiene hacia los electrones, cuando los electrones están creando orbitales...”, aquí el estudiante corrigió su apreciación inicial que usa en el turno (1), cuando habla del “espacio ocupado por el electrón”, por “los electrones están creando orbitales”, que va más de acuerdo al proyecto didáctico de la clase. En este mismo turno, el estudiante realiza una pregunta que se menciona ampliamente en los libros de química, y que además hizo parte del entramado teórico que implicó una evolución importante del modelo atómico (se pasó del modelo de Rutherford en el año de 1911 al

modelo de Bohr en el año de 1913) “¿por qué los electrones no caen al núcleo?”, según esto, un electrón que gira alrededor del núcleo emite energía continuamente en forma de ondas electromagnéticas, lo cual le llevaría a caer muy rápidamente sobre el núcleo, en contradicción con la evidente estabilidad de los átomos. En los textos de química no se ahonda mucho en la explicación que es en parte matemática (como lo refiere la profesora en el turno 12), algunos de los aspectos que se mencionan, es que los electrones están en niveles u órbitas, con unas energías definidas y esto les impide caer en el núcleo.

Centrándonos nuevamente en la pregunta del estudiante, en esta parte de la clase se puede resaltar la importancia del modelo de Bohr y su relación con la evolución del modelo atómico e historia de la química. Por otro lado Petri y Niedderer (1998), piensan que el modelo de Bohr constituye un paso necesario en el camino del aprendizaje del estudiante; algunos aprecian el modelo de Bohr (Kalkanis et al., 2003; Solbes, 1996) como una herramienta útil para definir la visión cuántica de los átomos. En resumen, evitar el modelo de Bohr impediría salir al paso de la imagen del átomo que tiene el alumnado y privaría a éste de una herramienta que los científicos consideran útil. Algo diferente a este planteamiento, es el trabajo de representación que pretende deconstruir la profesora con los estudiantes, para que se alejen del modelo de Bohr y se apropien del modelo cuántico del átomo, que es el pertinente en el estudio de las temáticas del curso en el momento.

En el turno 7, al estudiante se le ocurre una pregunta de una idea mencionada por la profesora en el anterior turno (6), “*En el modelo clásico puede haber estado cero, pero en el cuántico no*” y es (7) “*Profe porque no puede haber el estado cero*”. El estudiante se refiere a por qué la serie de los niveles de energía comienza en uno y no en cero. En 8 la profesora responde refiriéndose a la función de onda y a la energía asociada a esta, pero esta respuesta no parece ser muy dicente para el estudiante, ya que en los siguientes turnos sigue preguntando por el estado cero (11, 13).

En las intervenciones 9, 11 y 13 el estudiante en su rol de preguntar para aclarar sus dudas, introduce palabras como cuantitativo, cualitativo, imaginario. Dando la impresión que cuando habla de cualitativo e imaginario se refiere a una explicación conceptual que dé cuenta de lo abstracto del modelo atómico y cuando habla de cuantitativo se refiere a un cálculo matemático con valores numéricos. Queda la duda a que se refiere el estudiante

cuando habla de representación imaginaria. Es posible que quiera saber, si se puede demostrar el hecho de que el electrón no caiga al núcleo, sin hacer el tratamiento matemático.

Centrándonos más específicamente en el turno 13 el estudiante hace la pregunta: “*Y una representación imaginaria la cual me explique que no puede un electrón caer al núcleo*”. Mateo pide una representación que haga lo abstracto tangible o por lo menos entendible para él, y sigue con la duda del electrón cayendo al núcleo. Aquí vemos hasta qué punto y de acuerdo con los referentes conceptuales que los estudiantes se arman, no les resulta suficiente con que le digan que no funciona, “pero muéstreme por qué o muéstreme que el otro si funciona” podría decir el alumno. Nuevamente el estudiante se hace preguntas desde un referente que no tiene sentido en otro referente, es decir todavía piensa desde la física mecánica y hasta que no haga el cambio de paradigma (al cuántico), se le va a dificultar entender. Es complejo para la profesora explicar el por qué la pregunta, no tiene explicación en el otro referente.

En el turno 14 la profesora le responde al estudiante su pregunta sobre la representación imaginaria. En la respuesta se hace alusión a los números cuánticos y a la función de onda; en este turno, la profesora termina complementando la información de por qué no puede haber estado cero cuando dice (14), “*Cuando determinas las expresiones de la energía según la función de onda, eso no te permite que nunca la energía sea cero para caer en el núcleo*”. Esta respuesta parece ser más concreta para resolver la duda sobre la inexistencia del nivel cero en el átomo, pero a pesar de que la profesora elabora otra explicación un poco más fácil de entender, no significa que el estudiante la comprenda en el momento.

En 15 nuevamente el estudiante retoma la última idea dada por la profesora en el turno anterior “*cuando un electrón colisiona con el núcleo, yo ya no tengo átomo, ni tengo interacciones, mi problema es nuclear porque estoy violentando al núcleo atómico*”, y dice el estudiante “*Según lo que leí el átomo se destruía*”. Estas ideas son comunes en los estudiantes ya que les llama bastante la atención el tema de átomos inestables, radiactivos, sintéticos (con cortos tiempos de vida), cambios nucleares, es decir todo lo referente a fenómenos de transformaciones atómicas.

En el turno 16 la profesora introduce una idea importante para la apreciación del modelo en estudio y sus transformaciones nucleares “*Eso me implica pensar diferente a este mundo en que estoy. Estoy en un mundo donde las cosas son objetos puntuales, pero el electrón no es un objeto puntual.*” La profesora está enfatizando cómo debe ser leído el electrón en el átomo, y esta última idea de no pensar el electrón como objeto puntual se menciona repetidas veces en esta clase (6, 8).

En estos episodios se puede ver que a medida que el grupo de clase comparte más tiempo y conversaciones en un ámbito disciplinar específico, se van acordando los contextos lingüísticos y mentales y se produce un intercambio más fluido. Pero también se puede decir que los contenidos de los diálogos, y el movimiento cognitivo que representa van dando evidencia de apropiación de saberes por parte del estudiante (De Longhi, 2000).

Episodio 3

Este objeto que parece quieto (el estudiante señala el libro de química), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento

(17) Mateo: [DEV<] Profe, una pregunta que ayer nos planteábamos él (Pablo, compañero de estudio) y yo es, se supone que los electrones siempre están en movimiento, por lo tanto los átomos también, entonces este objeto que parece quieto (el estudiante señala el libro de química), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento.

(18) P: Él está en reposo con respecto a una superficie terrestre.

(19) Pablo: Siempre estará en reposo con respecto al observador.

(20) P: En este caso el observador es la superficie terrestre. Con respecto a la superficie terrestre está en reposo.

(21) Pablo: Y si el observador está en movimiento?

(22) P: [REG<] Depende donde se para, en cuál modelo. Tú te puedes parar en el modelo newtoniano y ahí el observador no está en movimiento, te puedes parar en teoría de la relatividad; en teoría de la relatividad, el observador puede estar en movimiento, ahí hago otro modelo distinto y otro tratamiento diferente. Todo depende en cual modelo te paras a leer el mundo.

(23) Pablo: Pero al momento de yo hablar cuánticamente... tengo que dejar de lado la mecánica clásica.

(24) P: Ah sí y la de la relatividad, tiene que dejar a un lado eso y pensar con otro modelo distinto.

(25) Pablo: Pero entonces está en movimiento o no está en movimiento?.

(26) P: Depende del modelo, desde la física newtoniana no está en movimiento, si te paras en teoría de la relatividad y consideras al observador en movimiento, lo pones en movimiento al libro y si estoy en la mecánica cuántica esto no es de ningún interés en la mecánica cuántica. Ese libro no le interesa para nada a la mecánica cuántica.

(27) Pablo: [DEV<] Pero en ese libro hay interacciones.

(28) P: [REG<] A la mecánica cuántica le interesan los átomos y moléculas, los objetos de la mecánica cuántica son átomos y moléculas, los objetos de la teoría de la relatividad son objetos materiales. La mecánica clásica no se necesita para nada en la mecánica cuántica y viceversa. Tú lees el mundo con un modelo, con cual modelo te paras, tú lo decides. Ah, pero tienes que leer coherente con el modelo, no lo puedo poner a este modelo lo de otro modelo, no puedo...

(29) Pablo: [DEV<] En la teoría de cuerdas si te importaría eso.

(30) P: En la teoría de cuerdas aparecen otras relaciones pero tampoco todas.

(31) Pablo: [DEV<] Pero ahí me relacionan la relatividad con la cuántica.

(32) P: [REG<] Si pero tienes que cambiarle las condiciones al objeto, no es simplemente un traslado mecánico. Te implica un conjunto de variables para observar el objeto de otro modo. Pero no es una sumatoria mecánica de modelos, no es eso...

(Otros estudiantes hacen preguntas referentes a los cálculos de la tarea pero no se incluyen aquí.)

(Luego la profesora habla a todo el grupo y les resume lo conversado con Mateo y Pablo e introduce el tema de los objetos cuánticos que se usan cotidianamente).

(33) P: [DEF<] Hay muchos objetos que son cuánticos y nosotros los manipulamos, este llaverito se llama un señalador láser, ustedes conocen y todos los días todos convivimos con los señaladores laser. Vamos a los supermercados usted coge un objeto, se va para la registradora y la muchacha simplemente pone ahí y sale una lucecita roja, un ruidito, que esto vale 20 mil pesos, pasa un kilo de papas, sale una línea roja y las papas valen 3000 mil pesos.... *(La profesora continúa con su discurso y hace una demostración con polvo de tiza y un láser para comprobar que el rayo del láser, necesita un medio para poderse ver, es decir cuando choca con un objeto, sea la pared o en este caso particular el polvo de la tiza en el aire).*

En este episodio los estudiantes plantean dudas a la profesora que van más allá de lo esperado.

(17) *“Profesora, una pregunta que ayer nos plateábamos él y yo es, se supone que los electrones siempre están en movimiento, por lo tanto los átomos también; entonces este objeto que parece quieto (el estudiante señala el libro de química), no está quieto; se podría plantear que es un objeto en movimiento”*. El estudiante se está cuestionando e imaginando cómo es el comportamiento de la materia a escala atómica, y lo relaciona con una forma de poder evidenciar ese comportamiento desde esta realidad. Aquí podemos decir que en esta clase las preguntas a este nivel del curso, poseen una mayor carga conceptual, además se observa que en torno a las discusiones en ciertos momentos, llega a alcanzarse una complejidad epistemológica bastante rica. Los estudiantes se están socializando en formas de habla y modos de discurso que son específicos del escenario de actividad en el que se encuentran inmersos.

En los turnos 18 y 20 la profesora le responde cómo es la posición del libro de acuerdo al comportamiento desde la física clásica: (18) *“Él está en reposo con respecto a una superficie terrestre”*. En 21 el estudiante sigue cuestionando, *“Y si el observador está en movimiento?”*

La profesora en su explicación introduce la teoría de la relatividad (22), como otro modelo para leer el mundo. En esta parte de la clase se genera una especie de debate, en donde los estudiantes exponen sus dudas y la profesora las resuelve, pero en ocasiones siguen preguntando (19, 21, 25, 27) porque se les generan otras inquietudes, o por la idea puntual de querer dar cuenta del comportamiento íntimo de la materia en esta escala (material).

En el turno 23 es el mismo estudiante quien da una idea importante de esta conversación cuando dice: *“Pero al momento de yo hablar cuánticamente...tengo que dejar de lado la mecánica clásica”*. Pero en 25 el estudiante muestra que necesita que se le refuerce más la explicación desde otros puntos de vista, ya que vuelve y pregunta *“Pero entonces está en movimiento o no está en movimiento? [El libro]”*. En 26 la respuesta de la profesora es concreta y contundente *“Depende del modelo, desde la física newtoniana no está en movimiento, si te paras en teoría de la relatividad y consideras al observador en movimiento, lo pones en movimiento [al libro] y si estoy en la mecánica cuántica esto no es de ningún interés en la mecánica cuántica. Ese libro no le interesa para nada a la mecánica cuántica”*. El estudiante contrapone en 27 *“Pero en ese libro hay interacciones”*. Aquí queda claro que el estudiante está pensando con el modelo en estudio y traslada sus conocimientos al mundo macro, en este caso la constitución íntima del libro. Pero en el fondo del asunto el libro está formado por átomos y moléculas, entre esos átomos y al interior de los mismos hay interacciones, que no sea adecuado pensar el libro desde su componente atómico es otro asunto.

En el turno 28 la profesora institucionaliza cuando dice: *“A la mecánica cuántica le interesan los átomos y moléculas, los objetos de la mecánica cuántica son átomos y moléculas, los objetos de la teoría de la relatividad son objetos materiales. La mecánica clásica no se necesita para nada en la cuántica y viceversa. Tú lees el mundo con un modelo, con cual modelo te paras, tú lo decides. Ah, pero tienes que leer coherente con el modelo, no le puedo poner a este modelo lo de otro modelo, no puedo”*.

En las intervenciones anteriores se observa como los estudiantes no solo hacen preguntas que puedan alterar el contenido y la dirección del discurso en el aula, sino que con sus interrogantes y respuestas en ocasiones ponen en duda las aseveraciones de la profesora, conduciendo el diálogo a justificaciones que hacen que la docente muestre lo que sabe. Así

como hay preguntas de los estudiantes que solo piden aclaraciones conceptuales y que no parecen alterar la asimetría de poder centrada en la profesora, también hay situaciones en las que los estudiantes construyen una relación de poder más simétrica. De acuerdo a Candela (2005, 2013), cuando el maestro abre la posibilidad de que los alumnos manifiesten sus ideas y argumenten sobre ellas, los alumnos como sujetos activos pueden rebasar las expectativas del docente y alterar la dinámica de la interacción, al mismo tiempo que pueden contribuir a nuevas construcciones de conocimiento. Estas construcciones toman en cuenta las formulaciones que el maestro ofrece, pero las rebasan.

En el turno 29 el estudiante sigue dando evidencias de que le llama la atención el tema, que tiene interés por aprender y se vale de otros recursos extra-clase para completar la información, esto es claro cuando dice: (29) *“En la teoría de cuerdas si te importaría eso”*. (31) *“Pero ahí me relacionan la relatividad con la cuántica”*. A lo que la profesora responde en 32 *“Si pero tienes que cambiarle las condiciones al objeto, no es simplemente un traslado mecánico. Te implica un conjunto de variables para observar el objeto de otro modo. Pero no es una sumatoria mecánica de modelos, no es eso...”* En este último enunciado la profesora resume una idea clave que se generó a través de las preguntas de estos dos estudiantes *“no es una sumatoria mecánica de modelos, no es eso”*. Aquí podemos decir que hay un proyecto doble de la profesora, uno es enseñar la mecánica cuántica en tanto que es un campo que un químico podría trabajar (práctica), y la mecánica cuántica como un objeto teórico que es importante que los estudiantes tengan en términos de cultura científica. Es decir la profesora estimula en los estudiantes su rol como investigador, como aprendiz, su rol crítico etc.

En vista de que esta conversación se dio entre la profesora y dos estudiantes de la clase, a la docente le parece importante compartir con el grupo en general las ideas centrales del diálogo. Aquí tanto las preguntas de la profesora como las de los estudiantes cumplen con la misma función: contribuir a conseguir un cierto grado de intersubjetividad en el aula, obteniendo información relevante de interés grupal. Es así como al final del episodio (33), la profesora habla a todo el grupo y les resume lo conversado con Mateo y Pablo, e introduce el tema de los objetos cuánticos que se usan cotidianamente. Se ve además, que en cierto tiempo la profesora puede cortar la discusión y reorientar el tema hacia el objeto de interés en un momento de la clase, con las actividades previstas y dinámicas de trabajo programadas.

(33) P: ... “Hay muchos objetos que son cuánticos y nosotros los manipulamos, este llaverito se llama un señalador láser, ustedes conocen y todos los días todos convivimos con los señaladores laser. Vamos a los supermercados usted coge un objeto, se va para la registradora y la muchacha simplemente pone ahí y sale una lucecita roja, un ruidito, que esto vale 20 mil pesos, pasa un kilo de papas, sale una línea roja y las papas valen 3000 mil pesos.... *(La profesora continúa con su discurso y hace una demostración con polvo de tiza y un láser para comprobar que el rayo del láser, necesita un medio para poder verse, es decir cuando choca con un objeto sea la pared o en este caso particular el polvo de la tiza en el aire).*

Aquí estamos en presencia de un cambio de medio en donde la profesora pasa a hacer una explicación magistral, y se vale de una demostración con un láser y polvo de tiza, para que los estudiantes observen la trayectoria que hace el rayo del láser en el aire.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo 11. Transcripción y análisis de los episodios relevantes de la sesión 5

Episodio 4

Es que todas las energías no son electrones

(La profesora se dirige a un grupo de trabajo)

(34) P: ¿Cuál es su esquema? Ahí está en un modelo planetario

(35) Omar: Pero este sí está en un modelo... *(El estudiante muestra los dibujos que hizo de los átomos de neón y helio)*

(36) P: No, también planetario... Ah, entonces está mal dibujado, porque ¿está dibujando orbitales p? le falta mucho ahí entonces, porque los orbitales p son dos lóbulos (4s) ¿Cómo son los orbitales p?

(37) Omar: Profesora bueno, pero no es lo que en este momento...

(38) P: No, pues a mí sí me interesa eso, como te parece. A ti puede que no te interesa pero a mí si me interesa.

(39) Omar: Bueno éste supongamos que sea el átomo de neón.

(40) P: Ese no es, es la representación.

(41) Omar: Es la representación, entonces yo lo que quiero decir aquí es que una energía...

(42) P: ¿Qué es esa energía? ¿Cuál?

(43) Omar: Electrones.

(44) P: ¿Cuáles electrones? ¿De dónde vienen esos electrones?

(45) Omar: ¿De dónde vienen...? vea, usted tiene unas pilas ahí, de ahí viene la energía. *(El estudiante se refiere a un llavero laser que tiene la profesora en la mano)*.

(46) P: Es que todas las energías no son electrones.

(47) Omar: [DEV<] Bueno, entonces en este caso son electrones. Entonces lo que quiero decir es que con esa energía, esa energía estimula el átomo de helio ¿cierto? cuando lo estimula, esa energía o ese electrón, aquí el átomo colisiona realmente es con electrones ¿cierto? los electrones tienen energía, entonces aquí es más aproximado poner electrones de alta energía, todo electrón en movimiento como cualquier objeto en movimiento posee energía. Entonces cuando esa colisión se da, me excita el átomo de helio alcanzando pues un electrón un nivel, en este caso un nivel 1s¹, 2s¹ ¿cierto? entonces queda un electrón de valencia 2s¹. Luego se presenta una segunda colisión de este átomo excitado con átomos neutros de neón produciendo un átomo excitado.

(48) P: [REG<] O sea, aquí tú estás diciendo que el átomo de helio excitado colisiona con átomos de [neón].

(49) Omar: [DEV<] [De neón]. Y luego, después de esta colisión tenemos un átomo de neón excitado hasta un nivel 5s¹, con un estado meta...==metaestable *(la profesora ayuda a completar la palabra)*. Pero ¿qué sucede, cuál es el funcionamiento? Pues obviamente esos electrones que están en ese estado

cuando están excitados ellos no van a quedar ahí para siempre, entonces ellos vuelven y buscan su estado normal entonces, cuando hacen eso, cuando ese electrón salta a un nivel más bajo.

(50) P: No lo buscan... ¿A cuál, a cuál saltan? pues como estamos en concreto con el láser helio-neón, entonces hay que decir a cual.

(51) Omar: Bueno, cuando el átomo de helio, ¡eh! cuando este electrón está en el nivel $2s^1$ salta al s^2 ...

(52) P: [REG<] No, los átomos de helio siempre estarán excitados, ya dijiste que los átomos de helio excitados colisionan con los del neón, listo, ahí vamos bien. Entonces ahí vamos a completar las situaciones y a mejorar esos dibujos.

Este episodio inicia con una situación que se ha repetido en las sesiones en donde los estudiantes deben trabajar con dibujos o representaciones del átomo. En el turno 34 cuando el estudiante le muestra la tarea a la profesora, ella de inmediato le dice que está usando representaciones del modelo planetario. En 35 el estudiante muestra otro esquema diciendo que ese si está representado de acuerdo al modelo cuántico, y la profesora le dice que sigue siendo el modelo planetario o está mal dibujado. Ocurre que los estudiantes mezclan ideas de los modelos atómicos y con ello hacen sus representaciones. En el turno 37 el estudiante le da a entender a la profesora que en este momento no es lo importante y la profesora le recuerda el contrato didáctico, pero lo hace poniendo énfasis en que para ella es muy importante. Es parte del proyecto didáctico de la clase, que los estudiantes se apropien de las bases conceptuales del modelo cuántico y de su representación.

En 39 la profesora llama la atención sobre la importancia de ser precisos al usar el lenguaje, es decir el estudiante no tiene átomos de He o Ne (38), sino una representación de los mismos. En los turnos siguientes (42, 44, 50) la profesora cuestiona al estudiante para verificar la comprensión de lo que expresa *¿Qué es esa energía? ¿Cuál? ¿De dónde vienen esos electrones?*, ya que es común que los estudiantes hablen mecánicamente sin tener claro lo que expresan.

El estudiante responde que esa energía son electrones (43), y la profesora le contrapone otra pregunta (44) *¿Cuáles electrones? ¿De dónde vienen esos electrones?*, el estudiante hace uso de un ejemplo que encuentra a la mano y se refiere a una pila que tiene la profesora (en un llavero con un láser). En la siguiente intervención, la profesora hace una observación importante, como se ve en 46 *“Es que todas las energías no son electrones”*. En el turno 47 el estudiante responde que en este caso la energía proviene de los electrones y expresa con

sus palabras lo que entiende del sistema láser He-Ne, usando un lenguaje apropiado. En 48 la profesora en su rol, continúa preguntando para verificar la comprensión del estudiante.

En el turno 49, entran al medio nuevos términos que describen el fenómeno y hacen parte del entramado conceptual de las transiciones electrónicas, en este caso nos referimos a la palabra metaestable que es apoyada por la profesora, ya que el estudiante recordó la primera parte del término (meta...) y la profesora completa la palabra. Al final de este turno el estudiante no usa un lenguaje adecuado cuando dice “*entonces ellos [los electrones] vuelven y buscan su estado normal*”. En el siguiente turno (50), la profesora trata de corregir esta expresión al decir “*No lo buscan*”, pero para no desubicar al estudiante de la idea que trae en su diálogo, y para hacer otra pregunta más relevante que se le ocurrió en el momento, la profesora no le dice al estudiante por qué no es adecuado decir esto (efecto Jourdain).

En el turno 50 la profesora pide al estudiante precisión en lo que expresa, es decir que sea concreto y diga a cual nivel salta el electrón. Esta misma observación se evidencia en algunos episodios posteriores, ya que los estudiantes tienden a ser muy generales en sus explicaciones y en este caso se debe decir cual electrón, a qué nivel, cual átomo etc. Ya en el turno 52 la profesora en su rol, cierra la interacción aclarándole al estudiante hasta donde va bien y lo pone a mejorar los esquemas y a completar las ideas.

A nivel del medio se puede decir que se observa un avance mesogénético ya que el estudiante se ha apropiado de la terminología química, en este caso relacionada con el sistema láser He-Ne, y trata de usarla con precisión y seguridad para dar sus explicaciones. Además en esta temática sobre el láser se introducen nuevos significados a la clase, algunos ya se habían trabajado, pero otros son conceptos que los estudiantes debieron tener claros para la comprensión de la lectura: Metaestable, átomo excitado, haz de electrones, fotón etc.

Topogénicamente el estudiante asume su rol y se hace más consciente de su papel en el juego del aprendizaje, por su parte la profesora continúa con un rol activo de regulación, interviniendo en ciertos momentos para cuestionar (42, 44, 50), aprobar parte de la explicación (48, 52), aclarar o complementar la información del estudiante (40, 46), estas acciones docentes permiten evidenciar en los diálogos la construcción conjunta de significados. De acuerdo a Edwards y Mercer las estrategias discursivas que hacen uso los

profesores en el intento de guiar el conocimiento de los alumnos, apuntan tres cosas: a) obtener conocimiento relevante de los estudiantes; b) responder a lo que dicen los estudiantes; c) describir las experiencias de clase que comparten con los estudiantes (Mercer, 1997).

Al respecto de la interpretación que hacen los estudiantes de la tarea, la profesora dice en una de las entrevistas:

“Los estudiantes se están familiarizando con el modelo... esta es la situación porque uno arma el láser y ahí lo tiene, pero ¿cómo interpreto todo lo que está ocurriendo internamente? Esto es una caja negra, entonces en esta caja negra se trata es de explicar qué es lo que pasa en esta caja negra, y eso es con un modelo”. (Entrevista 4, p.9) (Anexo 3).

Episodio 5

Los láseres pueden ser de varios colores

(La profesora pasa a otro grupo de trabajo)

(53) P: Están conversando o trabajando, ustedes conversan mucho [---]

(54) Ángela: No pero es que estábamos hablando de eso, estábamos preguntándonos también por qué el láser cuando emite la luz es de color rojo, porque es que hay láseres que hemos visto que también son azules. Entonces cuál es la diferencia, pues por qué?

(55) P: Por la longitud de onda. [Es que] ahí dice que...

(56) Sofía: [¿Pero] todos funcionan de helio o de neón? ¿O pueden tener otros...?

(57) P: Todos los metales se pueden usar como láser. Hay laser de rubí, hay láser de carbono diamante, láseres hay de muchos tipos.

(58) Sofía: ¿Profesora y el color depende del material de...?

(59) P: El color depende de la energía que emita los átomos, el color depende de la energía. La energía que liberan los átomos, en este caso de neón, ahí te dicen que es una longitud de onda de seiscientos treinta y tres del espectro electromagnético, seiscientos treinta y tres nanómetros pertenece al rojo. Pero si esa energía, el fotón de luz tiene frecuencia o longitud de onda en el espectro electromagnético del verde, será el verde. Pero si lo que emite es luz ultravioleta no veras nada pero está emitiendo luz ultravioleta, o puede que sean de rayos x, hay [láseres] de rayos x.

(60) Sofía: Como los controles, los controles de televisor por ejemplo, uno no ve ese rayo pero el rayo está ahí, uno sólo ve el foquito que alumbra, ese sería emitido en...

(61) P: No, pero eso sí es visible, todos esos controles son infrarrojo o visible o microondas. Por ejemplo una onda de radio es electromagnética y no la ves, los microondas, tú tampoco ves eso, tú no les ves color porque el único que da color es la región del visible; si no estoy en el visible, el ojo

humano no percibe eso. Entonces puedo tener láseres en ultravioleta, en infrarrojo, en el visible rojo, verde, amarillo... yo puedo tener láser de rayos x...

(62) Sofía: ¿Profesora, pero por qué uno este láser no lo ve mientras está en el espacio cuando...?

(63) P: Es que ninguno lo ve, tú lo ves cuando interacciona con el objeto.

(64) Sofía: Por eso, pero hay láseres que sí se ve todo... (La estudiante señala con sus manos una trayectoria lineal, imitando lo visto en la demostración de la clase anterior usando un láser y polvo de tiza).

(65) P: Si hay algo en el espacio interaccionando, o si no, no se ve. O sea, aquí también lo vimos cuando puse polvo de tiza, cuando puse el polvo de la tiza se vio. Pero si no hay otro material, partículas o cualquier material con el que el láser interacciona, no lo percibo, no lo percibo.

(66) Ángela: Y por qué eso, o sea. Pues ¿por qué ese fenómeno? ¿Por qué lo tengo que poner a interaccionar en este caso, por ejemplo con la tiza?.

(67) P: Porque esa radiación es invisible al ojo humano, solamente la interacción con el objeto, puedo ver la interacción, lo que estás viendo es la interacción, tú no estás viendo el láser en sí mismo, tú estás viendo el láser interaccionando para el caso con el carbonato de calcio de la tiza o con el material de que está hecho el muro (.) con esos. Esa interacción son difracciones, o sea, hay reflexiones, hay difracciones. Generalmente lo que se observa en estos casos es una difracción de la luz, pero yo lo que estoy percibiendo es la interacción, la interacción la percibo porque refleja la luz. ¿Un espejo que hace? reflejar la luz, por eso me fastidia, o la refracta o la difracta, que son fenómenos cuando la luz interacciona con una superficie. La luz en sí misma yo no la percibo, yo la percibo por las interacciones. Yo esta luz digo que la veo, pero la veo porque está interaccionando con la retina mía, o si no yo no la veo nada...

Las estudiantes se están cuestionado sobre los diferentes colores que han visto en los láser (rojos, azules, verdes), y preguntan a la profesora cuál es la diferencia entre estos, a lo que la profesora responde (55) “*Por la longitud de onda*”. Las estudiantes siguen preguntando sobre si todos los láser son de He y Ne o existen otros (56), y la profesora responde (57) “*Todos los metales se pueden usar como láser. Hay láser de rubí, hay láser de carbono diamante, incluso de... pues, láseres hay de muchos tipos*”. Como la respuesta inicial que da la profesora sobre el color solo se refirió a la longitud de onda, ya que en ese momento se interrumpe el diálogo para hacer otra pregunta (55), se nota que los estudiantes no quedan satisfechos con la respuesta y necesitan más información cuando dicen (58) “E: *El color depende del material*” (59), la profesora complementa su respuesta anterior “*El color depende de la energía que emita los átomos. Si la energía del fotón de luz tiene frecuencia o longitud de onda del espectro electromagnético del verde, le da el verde. Pero si lo que emite es luz ultravioleta no veras nada pero está emitiendo luz ultravioleta, o puede que sea de rayos x, hay [láseres] de rayos x*”. En esta respuesta la profesora incluye un sistema de

significados claves con los que los estudiantes están empezando a familiarizarse; algunos de estos significados constan de un referente teórico que a la vez se puede apreciar a simple vista, como son los colores que emiten algunas radiaciones electromagnéticas.

Con este grupo de trabajo, la conversación inicial se centra en aspectos externos del láser como: tipos de láser, el color que emite, materiales usados. Del turno 60 al 61 la conversación se enfoca en algunos equipos que se usan cotidianamente (el control de televisor, ondas de radio, microondas), y su relación con las bandas del espectro electromagnético. En el turno 60 en particular la estudiante confunde el control del televisor con un láser, por la similitud del bombillo que da el prendido-apagado y cambio de canal. A lo que la profesora le responde que la luz que emite el bombillo del control está en el espectro visible, infrarrojo o microondas.

Desde los fragmentos 62 a 67, la conversación de los estudiantes con la profesora es acerca de porque unos láseres no se ven en el espacio, a lo que la profesora responde en (63), *“Es que ninguno lo ve, tú lo ves cuando interacciona con el objeto”*. A esta respuesta la estudiante comenta que *“hay láseres en que si se ve todo”* (64), es muy probable que se refiera a la experiencia realizada en clase con un láser y polvo de tiza. Aquí se nota que la estudiante quedó inquieta con la demostración realizada por la profesora en el aula, pero en el momento se debe aclarar cuál es la razón de que al usar polvo de tiza, la trayectoria del rayo láser se perciba a simple vista, porque parece que no lo tiene claro. A esto la profesora responde en 65 *“Si hay algo en el espacio interaccionando, o si no, no se ve...”* En 66 la estudiante sigue preguntando al respecto, pero ya centrándose más en la parte interna o invisible del fenómeno *“... ¿por qué ese fenómeno? ¿Por qué lo tengo que poner a interaccionar en este caso, por ejemplo con la tiza?”*

Aquí nuevamente se evidencia que los aspectos no tangibles y abstractos, resultan difíciles para la comprensión de los estudiantes y requieren varias experiencias y explicaciones al respecto, como se ha evidenciado en otras clases y episodios. Pero queda claro que este tipo de trabajo interactivo dialógico revela estos vacíos conceptuales de los estudiantes. De acuerdo a algunas investigaciones (Kalkanis et al., 2003; Solbes y Sinarcas 2009), parece que la principal dificultad que tienen los alumnos en el aprendizaje de la Física Cuántica es ontológica. De esto ya advierten historiadores de la ciencia como Kragh (2007, p.56): “A

escala ontológica, los cambios han sido sin duda muy profundos, en la mayor parte como resultado de la revolución cuántica...” La mecánica cuántica nos ha proporcionado estructuras fundamentales que no tienen similitud ninguna con todo lo que puede ser percibido o medido directamente. Las creencias actuales sobre lo que en última medida constituye el mundo distan mucho de las de la década de 1890, cuando todavía tenía sentido pensar en la materia como una colección de bloques en miniatura.

A nivel del medio, en este episodio se incorporan elementos conceptuales relacionados con el espectro electromagnético y los tipos de radiación (ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos x, rayos gamma etc.), longitud de onda y frecuencia asociadas a estos. Aquí se evidencian claramente dificultades que tienen los estudiantes acerca de la comprensión de fenómenos asociados con la luz y el color (60, 62, 64), ejemplo de ello, es el relacionar algunos objetos como el control del televisor con un láser, y creer que se puede percibir el rayo del láser en el espacio (aire), a simple vista. Parece que las explicaciones no son suficientes, probablemente en parte por los vacíos teóricos en los estudiantes, para comprender lo dicho por la profesora. Además hacen falta más experiencias y familiaridad con el modelo, que les indique que son otros resultados diferentes a los resultados cotidianos (64,67).

Episodio 6

No es cualquier electrón ni cualquier transición

(La profesora continúa con el mismo grupo de trabajo pero ya más centrados en la tarea)

(68) P: ¿Cuáles son tus esquemas? = ¿qué quiere decir ese esquema Angela?

(69) Ángela: =bueno, acá representé al principio que era una mezcla de neón y helio y ya acá que estas cositas son las descargas eléctricas.

(70) P: ¿Qué entiendes por descarga eléctrica? sí ¿Qué entiendes por descarga eléctrica?

(71) Ángela: [DEV<] *(se ríe, con una risa nerviosa)* Una descarga eléctrica es, por ejemplo (.) como una inducción de energía, es como aplicarle energía a este sistema, por ejemplo en este caso de helio...

(72) P: [REG<] Aquí tiene el láser He/Ne, aquí está el tubito de láser He/Ne...tú tienes esto (4) Aquí tienes un metal y aquí tienes unas pilas y ¿entonces? y mira que cuando tú haces así, mira que tú estás accionando éste sistema, no éste *(la profesora tiene un llavero con un láser que en ocasiones destapa y muestra a los estudiantes)*. Cuando tú haces así accionas este sistema, eso es un metal lo que hay ahí ¿entonces qué entiendes por descarga eléctrica?

(73) Ángela: Una interacción de electrones.

(74) P: ¿Y de dónde van a salir los electrones?

(75) Ángela: De este metal que con que está hecho.

(76) P: ¿Y por qué salen de ese metal?

(77) Ángela: [DEV<] Porque sabemos que los metales normalmente están en una estructura cristalina que está formados entre ellos mismos, pues otros átomos del mismo metal, y son enlaces metálicos y en un enlace metálico los electrones de valencia se van a estar moviendo alrededor de toda la estructura cristalina.

(78) P: ¿Con quién colisionan?

(79) Ángela: [DEV<] Pues, con los electrones de ¿o no? no. Primero esos electrones interaccionan con el helio, los excita y los sube de nivel de energía, pues los manda para otro orbital, pues un nivel más alto de orbital atómico.

(80) P: ¿Cuáles electrones?

(81) Jorge: Los de valencia.

(82) P: [REG<] ¿Cuál de valencia? ¿Cuáles? Es que no es suficiente decir que se excitan los electrones, tienes que saber cuáles. Porque si los electrones fueran iguales todos, entonces es válido decir que se excitan los electrones...

(83) P: [REG<] Donde está la ecuación química representando esto. Ah, ahí está muy interesante y ¿acá en dónde están? Ah sí, que estén aquí (*en el documento de lectura*) es muy interesante pero y acá (*el cuaderno*) (.) Entonces cuál es la descripción y que es lo que tú comprendes, que aquí diga “interesante” que diga. Y ¿tú que dices? ese es el problema. Porque aquí dice, sí, ¿pero tú qué comprendes? (*la profesora se refiere a la ecuación que está en el documento*).

(84) Ángela: Acá no las tengo. Entonces me faltó hacer...

(85) P: No, le falta muchas cosas, a los tres seguramente, a ti también te falta. Bueno, listo, colisionan, eso tiene representaciones con ecuaciones, aquí están, pero la respuesta en un examen no me contesta que eso está en el libro, sino entonces ¿qué le voy a calificar si usted me dice que eso está en el libro? usted me puede contestar “Ah, profesora, eso está en un libro”, listo, chao, hasta luego (.) ¿Qué le califico? (.) ¿Qué evalúo yo? yo no estoy evaluando el libro, estoy evaluando su aprendizaje, eso es distinto. (3) Entonces... (*Los estudiantes se ríen*).

En este episodio la profesora continúa cuestionando al grupo de estudiantes por los esquemas realizados en la tarea (68). En el turno 69 la estudiante habla de descarga eléctrica y lo señala en el esquema como “cositas”, la profesora no corrige este término no adecuado (efecto Jourdain) y se centra en preguntar en 70, “¿Qué entiendes por descarga eléctrica?”, la estudiante responde que es una inducción de energía. En 72 la profesora usa un llavero con un láser para mostrarle a la estudiante al interior de este y nuevamente pregunta “entonces

que entiendes por descarga eléctrica” a lo que la estudiante responde (73) “Una interacción de electrones”. La profesora sigue preguntando en 74 “¿Y de dónde van a salir los electrones” a lo que la estudiante responde, del metal con que está hecho (75), “¿Y por qué salen de ese metal?” pregunta la profesora, en su respuesta la estudiante habla del enlace metálico con propiedad (77). El uso que da la profesora al láser que tiene en su mano en este caso es práctico, ya que en varias ocasiones lo destapa para mostrar cómo está conformado en su interior, con la idea de que pueda ayudar a los estudiantes a tener una mejor comprensión de su funcionamiento.

En los últimos turnos la profesora le especifica a la estudiante que debe ser precisa con la información cuando le dice en 80 “¿Cuáles electrones?”, la estudiante responde “los de valencia”, a lo que la profesora pregunta “¿Cuál de valencia? ¿Cuáles? Es que no es suficiente decir que se excitan los electrones, tienes que saber cuáles. Porque si los electrones fueran iguales todos, entonces es válido decir que se excitan los electrones...”. En la intervención 83 la profesora pregunta a la estudiantes por las ecuaciones químicas que representan el proceso, a lo que responde que no las tiene en el cuaderno ya que están en el documento, aquí la profesora termina llamando la atención a la estudiante sobre “Ah sí, que estén aquí es muy interesante pero y acá (.) (El cuaderno). Entonces cuál es la descripción y que es lo que tú comprendes, que aquí diga “interesante” que diga. Y ¿tú que dices? ese es el problema. Porque aquí dice, sí, ¿pero tú qué comprendes?”. Es parte del proyecto didáctico de la actividad, que los estudiantes escriban lo que comprendan, y expresen con palabras esas comprensiones. Esto se evidencia en una de las entrevistas, donde la profesora dice que una de las intenciones de esta actividad en el aula es:

“Cómo sacudirles la mente o como movilizarles la mente a los muchachos y ahí es donde hay que ponerles tareas de que escriban, es que si no escriben tampoco se estimula el cuestionamiento a los estudiantes. ...Y dibujar, dibujar es demasiado importante. Lo puede hacer con palabras, lo puede hacer con un dibujo, lo puede hacer con otros símbolos”. (Entrevista 3, p. 13). (Anexo 3)

Episodio 7

(La profesora pasa a conversar con otra pareja de estudiantes sobre la diferencia entre un anuncio de neón y un láser. Ambos sistemas son explicados en la lectura)

Acá me dicen que el anuncio de neón es espontáneo, pero me dicen que en el láser es inducida.

(87) Pablo: Profesora ¿por qué no ocurre una estimulación en un anuncio de neón sabiendo que en éste también se producen fotones?

(88) P: Allá si hay una estimulación pero diferente a la del rayo láser.

(89) Pablo: Pero ¿por qué? ¿Qué diferencia hay entre la estimulación que hay acá y...? (*el estudiante muestra una figura de la lectura*), pues, acá me dicen que el anuncio es espontánea, pero me dicen que en el láser es inducida.

(90) P: Es inducida, es que primero aquí simplemente la corriente eléctrica, los electrones colisionan con los átomos de neón y se generan las transiciones... (*En el anuncio de neón*)

(91) Pablo: Eso emite fotones.

(92) P: En cambio en el láser tú primero excitas al helio, el helio colisiona con el neón y el neón hace transiciones. En el tubo normal de neón no tienes átomos de helio, tienes sólo átomos de neón, y el haz de electrones colisiona con los átomos de neón y hace sus transiciones, eso se llama espontáneo. En el láser tú no haces eso, en el láser tienes que excitar primero... primero tienes una mezcla helio-neón, primero excitas los átomos de helio y luego excitas a los átomos de neón y en el láser todas las transiciones son idénticas, todas son idénticas; pero en el otro no son idénticas.

(93) Pablo: ¿Pero por qué si los átomos de helio son excitados no emiten fotones?

(94) P: Porque el objetivo de ese sistema es que los átomos de helio excitados colisionen con los átomos de neón, no es que libere la energía el fotón el helio, sino, que colisione con el átomo de neón, o sea el fotón se lo va a dar un electrón al átomo de neón en la colisión, porque lo que interesa es la colisión helio excitado-átomos de neón, eso es lo que sucede en el láser, y eso se monta para que sea así. Es que por ejemplo yo soy la dueña de esta empresa que se llama Anger, entonces yo, los ingenieros de la Anger diseñan ese laser para que suceda eso pero no otra cosa, y no es que el helio no lo haga, no, él lo puede hacer en otro sistema diferente, sino que está diseñado para que sea de este modo...

(95) Mateo: Profesora yo encontré el láser de rubí, cómo es que lo hacen y dicen que ahí es muy diferente, ahí es que le emiten luz y él...

(96) P: Le lanzan fotones de luz al rubí.

(97) Mateo: Pero él (*se refiere a su compañero*) me dice que eso no sería laser porque le están emitiendo luz.

(98) P: [REG<] No::, es que láser quiere decir lo que dice ahí, emisión amplificada, cualquiera sea el mecanismo láser ¿qué significa eso? “amplificación de luz por emisión estimulada de radiación”, eso significa láser, cualquiera sea el mecanismo de estimulado, pero a todos los materiales no los estimulo del mismo modo, porque el rubí es un mineral, es un óxido de varios metales y eso es diferente a helio-neón, o un láser de carbono diamante es diferente al de rubí y es diferente al de helio-neón porque es un material con otros átomos distintos, entonces ese no funciona del mismo modo, todos funcionan diferente pero son láseres, porque láser es emisión estimulada de radiación, ósea tengo que crear un sistema donde los átomos hagan ciertas transiciones y la emisión sea toda de la misma frecuencia o de la misma longitud de onda...

(99) Mateo: Por eso el hidrógeno a través de un prisma no es considerado láser porque tiene varias longitudes de onda.

(100) P: [REG<] Pero es que todos tienen varias longitudes de onda, es que el láser es un diseño artificial, es montado, lo tengo que diseñar y montarlo, de modo natural no hay láser, el láser es creado por el hombre. Una va a ir a pasear a Marte y allá va a haber un láser, no, allá no hay láser, no hay, a no ser que haya vida humana u otros seres de pensamiento que crean eso, si no, no hay, es que esto no es natural, no, un láser no es natural, como una nevera, una nevera no es natural, como una nevera se la inventó el hombre y [---] Como esta silla, esta silla no es natural, esta silla hay que hacerla en una fábrica, esto no es natural, es artificial, producido por los seres humanos. Ese morral ¿ese morral?...

En este episodio los estudiantes asumen su rol y son ellos los que cuestionan a la profesora acerca de dudas que tienen sobre la lectura en lo referente a los láseres de He-Ne y su diferencia con los anuncios de Neón (87, 89). Aquí entran al medio dos conceptos nuevos: *emisión espontánea* relacionada con la liberación de fotones (luz de Neón), y *emisión inducida o estimulada* caracterizada por una transferencia de energía a través de una colisión de átomos de Helio con Neón (sistema láser He-Ne).

En los turnos 91 y 93 se muestra un enunciado y pregunta que apunta a la misma duda, en donde el estudiante no queda satisfecho con la respuesta de la profesora, y sigue con el cuestionamiento sobre si se emite un fotón al colisionar el He* (excitado) con el Ne. En las intervenciones 94 y 98, la profesora responde al estudiante sobre la particularidad de este sistema en el cual al colisionar el He* con el Ne se transmite energía del He al Ne, quedando el Ne* excitado sin emisión del fotón en esta parte del proceso. En estos mismos fragmentos la profesora repite al estudiante que el láser He-Ne, es un sistema artificial y se diseña para que suceda de esta manera.

Es característico que Mateo, traiga a la clase ideas o ejemplos que consultó en la literatura y en ocasiones las comente con su compañero de estudio (Pablo) (95, 97). En este caso Mateo habla sobre el láser de rubí y el debate que tiene con su compañero, ya que éste dice que eso no sería un láser porque le están emitiendo luz (97). A lo que la profesora aclara que si sería un láser, ya que el mecanismo de estimulado puede variar dependiendo del material (98). En el turno 99, Mateo trae otro ejemplo en donde dice que el hidrógeno a través de un prisma no es considerado láser, porque tiene varias longitudes de onda. La profesora responde con una explicación que ha repetido a menudo (164) “*Pero es que todos los láseres tienen varias longitudes de onda y son diseños artificiales*”. Para ello recurre a ejemplos de objetos cotidianos (nevera, silla, morral), para explicar a sus estudiantes que el láser no es natural, es un diseño artificial.

Los estudiantes de este episodio muestran movimientos topogenéticos importantes, sobre todo porque traen al medio otros cuestionamientos que les surgen de las lecturas que realizan en su trabajo independiente de la clase, o por conocimientos previos. Además se nota que entre ellos dos se genera una especie de diálogo interno que revelan cuando le preguntan a la profesora y usan expresiones como en 97, “*Pero él me dice que eso no sería láser porque le están emitiendo luz*”. Estos dos estudiantes son bastante inquietos con las temáticas de estudio, y además se nota que entre ellos mismos se están negociando significados y recurren a la profesora para que les dé validez a las apreciaciones que se plantean. De acuerdo Prados (2009), en el discurso de los alumnos cuando estos interactúan entre sí, se ponen en juego variedad de estrategias discursivas, recursos comunicativos y mecanismos semióticos. Estos discursos pueden suministrar formas de andamiaje como las que se le atribuyen al profesor entre otros (Cazden, 1991).

Episodio 8

¿Cómo hacen para que un láser corte?

- (101) Judith: Profe ¿entonces cómo hacen para que un láser, para que un láser tenga calor?
- (102) P: ¿Cómo así? ¿Qué quieres decir con eso?
- (103) Judith: Pues, usted ve en las películas cortan así con un láser? ¿Cómo hacen para que eso corte?
- (104) P: Ah, pero esos son láseres de carbono diamante, son láseres de alta energía, la energía corta el material.
- (105) Judith: ¿La misma luz?
- (106) P: La misma luz corta el material. La luz que está emitiendo el láser. En este caso sería... suponga que este láser cortara un metal, si yo lo pongo en el tablero, lo voy pasando dividido el tablero en dos partes.
- (107) Judith: Entonces cómo hacen para no cortar lo que hay en la mitad... [El tablero]
- (108) P: Ah porque éste es de baja energía, es un láser de baja energía, la longitud de onda de este láser está en el visible rojo. Este láser está sólo en el visible, pero tú puedes producir un láser aquí de rayos x, este si corta un metal. Si una empresa produce un láser y la energía corresponde a los rayos x, éste te parte el material. En vez de usar un cuchillo, utilizo luz para partir.
- (109) Pablo: ¿Profesora pero cómo excito tanto ese, pues para...?
- (110) P: No, cuánto excita no, va a producir rayos x, los rayos x se producen con transiciones de electrones internos a los más externos, electrones de alta energía. Hay que hacer transiciones electrónicas de alta energía para hacer rayos x, pero la del rojo es una transición con una diferencia de

energía muy pequeña. Pero si es rayos x, yo no lo puedo estar manipulando aquí con la mano porque los rayos x son muy peligrosos para los humanos, ese rayo lo coge y lo destruye a uno, este yo lo puedo usar más de cerca...

(111) Mateo: ¿Entonces cuáles son los rayos x que utilizan para las radiografías?

(112) P: En una radiografía tú tienes rayos x pero no en forma de láser. Para qué corte lo tienes que organizar en forma de láser, si no, no corta, te quema y te destruye, te mueres. Si el muchacho de la radiografía se equivoca y la pone en más de los diez segundos la quema, usted queda ahí quemada de por vida, y si se le va más la mano le hace una herida, y te puede destruir células...

En este episodio prácticamente toda la conversación se basa en ideas y especulaciones que hacen los estudiantes y a la vez relacionan con películas y mitos sobre el uso de láseres que en este caso cortan, como son los láseres de carbono diamante y de rayos x (101, 103, 107, 111). Al respecto la explicación de la profesora se centra en describir que hay láseres de baja energía y de alta energía (108). De igual forma en los turnos 111 y 112 se habla de los rayos x usados en las radiografías, y la peligrosidad de estos para los humanos. Esta parte enriquece los diálogos entre profesora y estudiantes porque se aclaran dudas que se generaron a través de la temática de la clase, y que tienen una aplicación en el contexto real.

A nivel mesogenético se introducen dos nuevas ideas al contexto de la clase: láseres de baja energía los cuales no son peligrosos sobre todo para los humanos y son los utilizados cotidianamente, en los lectores de códigos de barras de los supermercados, los señaladores, en los reproductores de discos compactos etc., y láseres de alta energía que causan daño físico y afectan la salud de las personas si no se usan adecuadamente, es el caso de los rayos x, láseres de carbono diamante y algunos usados en instrumental de cirugía.

Episodio 9

Socialización grupal de la actividad

(La profesora se posiciona en el centro del salón y le pide a un estudiante que diga un número del 1 al 27)

(113) P: Un número, un número del uno al veinte...

(114) Estudiante: El ocho.

(115) P: El ocho (14s) *(la profesora se fija en la lista de clase)* Yuli Rivas, Yuli. Dibújeme te esquema de láser y lo explicas, y por favor le ponemos mucha atención a la explicación que va a dar.

(La estudiante sale al tablero)

(116) P: Mucha atención a lo que ella va a explicar, mucha atención. Listo Yuli en voz alta y claro, y despacio.

(117) Yuli: [DEV<] Yo pusé una corriente eléctrica que se va directamente al helio y entonces el helio se excita. Los átomos de helio excitados colisionan con los átomos de neón y excitan al neón y así éstos liberan un fotón. Cuando el helio está excitado y el electrón vuelve a la capa más interna libera el fotón al igual que el neón y lo hacen exactamente con la misma frecuencia, es decir, las longitudes tienen la misma velocidad, la misma... ¿cómo es que se llama éste? las crestas son de igual longitudes, pues todo esto es igual; y se liberan y... (5s) este es un espejo que solamente deja escapar un uno por ciento y éste es cien por ciento reflectivo, es decir no se libera nada, entonces los fotones se están liberando es por acá, y ya. Ah, bueno y entonces el neón excitado, el fotón de neón excitado sigue, digamos, cogiendo a los otros átomos y los excita, o sea es como en cadena.

(118) P: Sofía ¿estás de acuerdo con la interpretación que hizo Yuli?

(119) Sofía: Estoy de acuerdo pero dudo un poquito en lo último que dijo del fotón.

(120) P: ¿Qué estas dudando?

(121) Sofía: [DEV<] Yo creo que el fotón que se libera no excita a otros átomos, sino que esos fotones se empiezan a producir por el mismo proceso, empiezan es a revotar en los espejos, y de esa manera entonces empiezan a generar más para producir el rayo de luz en el uno por ciento que es el más estable, entonces yo no creo que los fotones exciten a otros átomos sino más bien que al liberarse el fotón queda rebotando. Entonces genera de pronto un poquito más de energía en todo el proceso que se está organizando, pero no lo suficiente para excitar otros átomos con su choque.

(122) P: Manuela, tú estás de acuerdo con Yuli o con Sofía.

(123) Manuela: No, cuando el átomo de neón libera un fotón ese fotón si estimula otro átomo de neón para que libere otro, eso sí pasa, pero no sé no me cuadra con lo que dijo Yuli y es que el helio libera otro fotón [---]

(124) P: [REG<] Ángela, tú estás de acuerdo con que los fotones de neón excitan a otros átomos de neón o lo que dijo Manuela.

(125) Ángela: Eh, yo estoy de acuerdo con lo que dijo ella, que un fotón emite [---] átomos de neón.

(126) P: Sí, pero los átomos de neón, los fotones emitidos por el neón excitan otros átomos de neón o no estás de acuerdo con eso porque Sofía no está de acuerdo. Mateo tú ¿Con cuál de los dos estás de acuerdo si los fotones emitidos por el neón excitan otros átomos de neón o no?

(127) Mateo: [DEV<] Sí profe porque en el texto lo refieren y es como una cadena de dominó, y entonces ese fotón al transferirse a otro átomo de neón va a hacer que éste libere un fotón y así continuamente [---] lo que produce en el láser.

(128) P: Pablo tú ¿estás de acuerdo con eso o no estás de acuerdo?

(129) Pablo: [DEV<] Básicamente sí, porque cuando el electrón en el átomo de helio excitado choca con un átomo de neón y le transmite esa energía al átomo de neón, mas no genera fotón. Esa energía que él emite implica que se excita el átomo de neón. Al excitar ese átomo de neón y bajar a un nivel más externo emite un fotón, ese fotón estimula a otro átomo de neón, eso implica transiciones en el átomo de neón y eso es una reacción en cadena.

(130) P: Ester.

(131) Ester: [DEV<] Lo que yo considero es que ya todos los átomos de neón que están excitados con las colisiones con el helio, pero no es que un fotón excite al otro átomo de neón sino que ya todos están excitados, y cuando se libera el primer fotón se liberan ya los otros, pero ya todos los átomos de neón están excitados.

(132) P: [REG<] Ella está diciendo otra posición distinta que coincide con la de Sofía, ellas dos están diciendo que los fotones emitidos por los átomos de neón no colisionan con átomos de neón, están diciendo ellas dos, ustedes están defendiendo que los átomos de neón, los fotones emitidos por los átomos de neón colisionan con átomos de neón, ellas dos tienen otra posición.

(133) P: Leamos, por favor leemos todos a ver cuál de las dos posiciones es la razonable según el texto, si los fotones de neón emitidos excitan los átomos de neón o como dicen Sofía y Ester, son los átomos de helio que excitan el neón, los de neón liberan y se liberan, un porcentaje se libera. Entonces por favor leemos nuevamente el documento y miramos cuál de las dos es la razonable.

(134) P: Sí Omar.

(La profesora se acerca al estudiante)

(135) Omar: No, que iba a hacer una aporte pero... Los átomos de neón liberan el mismo fotón, entonces el fotón no excita los otros átomos de neón, no los excita más sí incentiva a que liberen el fotón.

(136) P: El siguiente fotón del neón también, otra cosa es excitar el átomo de neón y otra cosa es que él haga... Estimula. Pero como la mayoría está pensando lo contrario entonces vamos a ver qué se entiende cuando se lee.

Los estudiantes conversan entre ellos sobre la lectura y algunos le hacen preguntas a la profesora. Para responder las inquietudes, la profesora usa el gráfico del tablero que realizó una de las estudiantes. La profesora continúa pasando por los equipos de trabajo en donde se sigue hablando al respecto y hace otras representaciones en el tablero para complementar las explicaciones.

(Al final la profesora resume)

(137) P: [INST<] Mire que no es uno u otro, son las dos, hay tanto colisiones de átomos neutros con átomos de helio excitados, como los átomos de helio excitados con el fotón ¿sí? (.) por eso es muy importante escribir todo el sistema de las operaciones ¿sí? por eso tengo que escribir helio interacciona con el electrón para generar helio excitado, helio excitado interacciona con átomos de neón para generar neón excitado, todo eso es distinto ¿sí? neón excitado colisiona con fotón para producir otro neón excitado ¿cierto? porque aquí lo que tengo es al neón 5s pero después tengo al neón 3p, y luego el neón, éste segundo excitado, éste, (.) se transforma en átomo de neón nuevamente (*la profesora va explicando y escribiendo en el tablero*). Pero esto es lo que está en el libro, ahí está escrito en el libro esto, pues en el documento, lo que pasa es que a esto hay que ponerle atención para poder darle más significado a los esquemas ¿sí? lo que les quiero mostrar es que no es suficiente las palabras, simplemente palabras ¿cierto? sino que el esquema, las palabras y las ecuaciones le dan sentido de lo que implica el fenómeno ¿sí? una pregunta (15s). Es decir los que se quería con esa tarea era darse cuenta de que hay que ponerle atención a la lectura porque en esa lectura hay varias representaciones, están palabras, están los símbolos químicos y está el esquema de cómo funciona, entonces ahí te enfrentas a tres clases de representaciones y las tres son útiles para comprender ¿sí? entonces le tengo

que poner atención a todo, no solamente a uno o a otro, no a cuatro palabras y ya está todo despachado ¿sí? porque la atención a eso es lo que les permita la comprensión ¿listo? (13 s) chao.

(138) P: Recuerden que dentro de ocho días es el parcial.

En este último episodio la profesora hace una retroalimentación con todo el grupo sobre el funcionamiento del sistema láser He-Ne, para ello se apoya en la comprensión de varios estudiantes (a quienes se les pregunta) (117,121, 123, 127), realizando a la vez acciones de validación con otros estudiantes de lo dicho por los compañeros en los turnos anteriores (118, 124, 128, 131) y pidiendo que argumenten sus respuestas.

Lo que la profesora pretende lograr en esta clase, es que los estudiantes se apropien de la terminología química relacionada con el sistema láser He-Ne, pero más importante aún, es que los estudiantes entiendan que se debe tener claro el lenguaje químico (palabras), los símbolos y los esquemas que representan este sistema para lograr una mejor comprensión. Lo anterior lo resume la profesora en el fragmento (138) cuando dice *“Pero esto es lo que está en el libro, ahí está escrito en el libro esto, lo que pasa es que a esto hay que ponerle atención para poder darle más significado a los esquemas ¿sí? lo que les quiero mostrar es que no es suficiente las palabras, simplemente palabras ¿cierto? sino que el esquema, las palabras y las ecuaciones le dan el sentido de lo que implica el fenómeno ¿sí?. Ahí te enfrentas a tres clases de representaciones y las tres son útiles para comprender ¿sí? entonces le tengo que poner atención a todo, no solamente a uno o a otro, no a cuatro palabras y ya está todo despachado ¿sí? porque la atención a eso es lo que les permite la comprensión”*.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3