

# Argumentación científica de ingenieros en formación.

El aprendizaje de la hidráulica en el aula  
a partir de casos de la historia de las ciencias



Tesis presentada para optar al título de Doctor en Educación

Línea: Educación en Ciencias Experimentales

Séptima cohorte

Juan Fernando Barros Martínez

Asesor

Ángel Enrique Romero Chacón

PhD en Epistemología e historia de las ciencias y las técnicas,

Universidad de Paris VII

Universidad de Antioquia

Facultad de educación

Departamento de educación avanzada

Medellín

2014



## CONTENIDO

1	Introducción. El contexto general de esta investigación .....	12
1.1	El problema de investigación	17
1.2	Objetivos de esta investigación	24
1.3	Contenido de este informe	25
2	La argumentación en la educación en ciencias .....	27
2.1	Argumento y Argumentación. Generalidades	28
2.2	La argumentación en la clase de ciencias	33
2.3	El argumento y el proceso argumentativo	36
2.3.1	El argumento. Marcos analíticos para su evaluación	36
2.3.2	Evaluación de la argumentación en el aula. Propuesta del protocolo ASAC	48
3	La argumentación en la discusión crítica (la Pragma-dialéctica).....	64
3.1	Los componentes de un programa de investigación integrador	64
3.2	Los puntos de partida pragma-dialécticos	67
3.3	La discusión crítica y los actos de habla	69
3.4	Las reglas de la Pragma-dialéctica	71
3.5	Algunas falacias a las reglas de la Pragma-dialéctica	80
4	El aprendizaje de la hidráulica en el aula a partir de casos de la historia de las ciencias. El diseño de esta investigación .....	84
4.1	Consideraciones acerca de la interacción	86
4.2	Metodología de la investigación	91
4.3	Participantes y contexto (la hidráulica como tema para la investigación)	94
4.4	Plan de recolección y análisis del corpus discursivo	101
4.5	Criterios de evaluación para esta investigación	102
4.5.1	La selección de los instrumentos	103

4.5.2	El diseño de la implementación	104
4.5.3	La implementación en el aula	104
4.5.4	La aplicación de los instrumentos en el análisis del discurso 105	
4.5.5	Los resultados obtenidos del análisis del discurso	105
5	Argumentación científica de ingenieros en formación. La interacción discursiva en el aula .....	106
5.1	Las paradojas hidrostáticas	107
5.2	La interacción en el aula	108
5.3	Análisis del proceso argumentativo	125
5.3.1	Interpretación de resultados del análisis del proceso argumentativo	163
5.4	Análisis de la discusión crítica (Pragma-dialéctica)	166
5.4.1	Etapas de la discusión crítica	167
5.4.2	Análisis según las reglas de la Pragma-dialéctica	172
5.4.3	Interpretación de resultados del análisis de la discusión crítica (Pragma-dialéctica)	179
5.4.4	Interpretación de resultados al comparar el proceso argumentativo y la discusión crítica	180
6	El proceso de aprendizaje durante la argumentación en el aula .....	183
6.1	Actos del proceso de aprendizaje	185
6.2	Identificación de los actos de aprendizaje en el aula	187
6.2.1	Interpretación de resultados del análisis del proceso de aprendizaje	211
6.2.2	Interpretación de resultados al comparar el proceso de aprendizaje con el proceso argumentativo y con la discusión crítica 212	
7	Reflexiones finales, conclusiones y perspectiva de trabajo futuro .....	218
7.1	En relación con la interacción en el aula	218
7.2	En relación con el proceso argumentativo en el aula	222
7.3	En relación con la teoría de la discusión crítica en el aula (la Pragma- dialéctica)	224



7.4 En relación con el proceso de aprendizaje en el aula	226
7.5 En relación con el registro y análisis sistemático del corpus discursivo	228
7.6 Perspectiva de trabajo futuro	229
8 Referencias bibliográficas .....	231
9 Anexos .....	248

### Lista de figuras

Figura 1. Modelo de Toulmin (1) (Andrews, 2010)	39
Figura 2. Modelo de Toulmin (2) (Andrews, 2010)	39
Figura 3. Modelo conceptual de la argumentación según Van Dijk (1992)	42
Figura 4. Secuencia argumentativa según Adam (1995)	42
Figura 5. Elementos de un argumento hipotético-predictivo (Lawson, 2003)	45
Figura 6. Mapa de interacciones en la sesión 3a (2010)	112
Figura 7. Mapa de interacciones en la sesión 3b (2010)	113
Figura 8. Mapa de interacciones en la sesión 4a (2010)	113
Figura 9. Mapa de interacciones en la sesión 4b (2010)	114
Figura 10. Mapa de interacciones en la sesión 4 (2011)	114
Figura 11. Mapa de interacciones en la sesión 7 (2011)	114
Figura 12. Mapa de interacciones en la sesión 9 (2011)	115
Figura 13. Mapa de interacciones en el curso regular (2011-1)	115
Figura 14. Mapa de interacciones en el curso regular (2011-2)	116
Figura 15. Mapa de interacciones en la sesión 4 (2012)	117
Figura 16. Mapa de interacciones en la sesión 7 (2012)	117
Figura 17. Mapa de interacciones en la sesión 8 (2012)	118
Figura 18. Mapa de interacciones en la sesión 9 (2012)	118
Figura 19. Gráfico resumen de las intervenciones en las sesiones	120
Figura 20. Gráfico resumen de los tiempos de participación en las sesiones	121
Figura 21. Relación estudiantes/profesor en las 14 sesiones en intervenciones y tiempos	122
Figura 22. Tiempo promedio de las intervenciones en las sesiones	123
Figura 23. Relación entre los tiempos de lectura y de intervención de los estudiantes	124
Figura 24. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 3b (2010)	129
Figura 25. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 4 (2012)	136
Figura 26. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 7 (2012)	143
Figura 27. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 8 (2012)	148

Figura 28. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 9 (2012)	151
Figura 29. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Número de identificaciones	156
Figura 30. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Número de identificaciones	157
Figura 31. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Tiempos de las intervenciones	158
Figura 32. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Tiempos de las intervenciones	159
Figura 33. Número de declaraciones agrupadas según la categoría conceptual-cognitiva (c-c), Epistémica (E) y social (S)	165
Figura 34. Etapas de la discusión crítica en la sesión 3b (2010)	169
Figura 35. Etapas de la discusión en la sesión 4 (2012)	170
Figura 36. Etapas de la discusión crítica en la sesión 7 (2012)	171
Figura 37. Etapas de la discusión crítica en la sesión 8 (2012)	172
Figura 38. Etapas de la discusión crítica en la sesión 9 (2012)	172
Figura 39. Marcadores en la sesión 3b (2010) según las reglas de la Pragmática dialéctica	175
Figura 40. Marcadores en la sesión 4 (2012) según las reglas de la Pragmática dialéctica	177
Figura 41. Marcadores en la sesión 7 (2012) según las reglas de la Pragmática dialéctica	178
Figura 42. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 3b (2010)	191
Figura 43. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 4 (2012)	194
Figura 44. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 7 (2012)	202
Figura 45. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 8 (2012)	203
Figura 46. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 9 (2012)	204
Figura 47. Actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones	207
Figura 48. Actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones	208
Figura 49. Tiempos de los actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones	209
Figura 50. Tiempos de los actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones	210
Figura 51. Comparación de los puntajes del protocolo ASAC y el TAP (Sampson et al., 2012)	253
Figura 52 (del texto original)	262

Figura 53 (del texto original)	264
Figura 54 (del texto original)	265
Figura 55 (del texto original)	266
Figura 56 (del texto original)	270
Figura 53 (del texto original)	274



## Lista de tablas

Tabla 1. Categorías de análisis y elementos del proceso argumentativo	63
Tabla 2. Componentes de un programa de investigación integrador (van Eemeren y Grootendorst, 2006)	67
Tabla 3. Número de sesiones desarrolladas en la investigación	96
Tabla 4. Diseño del plan de implementación de las sesiones realizadas en el año 2012	100
Tabla 5. Información de 14 sesiones transcritas	111
Tabla 6. Fragmento de la transcripción de la sesión 3b (2010)	132
Tabla 7. Fragmento de la transcripción de la sesión 4 (2012)	141
Tabla 8. Fragmento de la transcripción de la sesión 7 (2012)	146
Tabla 9. Fragmento de la transcripción de la sesión 8 (2012)	150
Tabla 10. Fragmento de la transcripción de la sesión 9 (2012)	155
Tabla 11. Resultados del proceso argumentativo en las 5 sesiones según el protocolo ASAC	160
Tabla 12. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes de la sesión 3b (2010) (Tabla 6)	175
Tabla 13. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes de la sesión 4 (2012) (Tabla 7)	177
Tabla 14. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes de la sesión 7 (2012) (Tabla 8)	179
Tabla 15. Relación entre los elementos del proceso argumentativo (protocolo ASAC) y las reglas de la Pragma-dialéctica	182
Tabla 16. Marcadores del discurso para el análisis del proceso de aprendizaje	187
Tabla 17. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 3b (2010) (Tabla 6)	194
Tabla 18. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 4 (2012) (Tabla 7)	200
Tabla 19. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 7 (2012) (Tabla 8)	202
Tabla 20. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 8 (2012) (Tabla 9)	205
Tabla 21. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 9 (2012) (Tabla 10)	206

Tabla 22. Relación entre los elementos del proceso argumentativo (protocolo ASAC) y los actos del proceso de aprendizaje	214
Tabla 23. Relación entre las reglas de la Pragma-dialéctica y los actos del proceso de aprendizaje	216
Tabla 24. Bases teóricas y empíricas de los ítems incluidos en el protocolo ASAC (Sampson et al., 2012)	249
Tabla 25. Calificaciones de los expertos en cuanto al contenido y a la validez del ítem (media -M- y Desviación Estándar -SD-) (Sampson et al., 2012)	251

## Lista de anexos

Anexo 1. Assessment of scientific argumentation in the classroom observation protocol	248
Anexo 2. Texto de “Las paradojas hidrostáticas” y de “La paradoja de las láminas flotantes”	262
Anexo 3. Texto fragmentado de “las Paradojas Hidrostáticas” y preguntas asociadas	272
Anexo 4. Respuestas escritas de los estudiantes al texto de las paradojas hidrostáticas	277
Anexo 5. Respuestas escritas de los estudiantes en un foro virtual realizado en la última sesión del 2012	280
Anexo 6. Encuesta realizada a los estudiantes del semillero participantes en la investigación (2011)	281
Anexo 7. Evaluación del protocolo ASAC por los participantes (2012)	282
Anexo 8. Ponencias o artículos presentados a la comunidad académica y científica	283
Anexo 9. Transcripción de 14 sesiones del corpus de la investigación	287
Anexo 10. Figuras en tamaño mayor	288

## **Agradecimientos**

Un período de 5 años y medio es un tiempo considerable para un proyecto y más cuando se ha llevado en medio de vicisitudes paralelas propias de la vida personal, familiar y laboral. Tengo por ello mucho que agradecer. Y aunque sea arriesgado caer en casos de omisión, no quisiera dejar de hacerlo y reconocer por lo menos a algunos que me han acompañado en el camino durante este tiempo. Comienzo por mi familia que por su cercanía ha llevado la mayor parte de la carga. En especial mis padres. Sin su apoyo este proyecto no hubiera sido posible. Mi esposa Marta y mis hijos Manuel y Sara, siempre apreciaron con una naturalidad serena mis momentos de ausencia, ya fuera por el aislamiento en el salón de estudio o por los viajes académicos. Esa tranquilidad que me brindaron siempre me mantuvo firme y lleno de esperanza. La Escuela de Ingeniería de Antioquia me permitió llevar a cabo este proyecto manteniendo mi vinculación laboral y brindándome diversos espacios fundamentales como han sido los grupos de semillero de investigación. La lista es extensa incluyendo al rector, los directivos, los profesores, los compañeros de investigación y los de la biblioteca, y de manera muy especial los estudiantes. Como tantas veces he dicho cuando presento en público al grupo de investigación espiral, sin ellos (sin los estudiantes) no hubiera llegado hasta aquí. La Universidad de Antioquia cumplió su parte. Tanto los profesores de la línea de educación en ciencias, en especial Fanny Angulo, Carlos Soto y Ángel Enrique Romero como los demás profesores nacionales y extranjeros que le aportaron al programa de doctorado. Los compañeros de la séptima cohorte pudimos construir con rapidez una sutil pero a la vez fuerte empatía que nos acompañó hasta hoy, y que creo permanecerá por siempre.



También otras personas que no tenían en un comienzo una relación tan estrecha ni en lo personal ni en lo académico entraron en algún momento del camino y me dieron una mano solidaria, generosa, brillante. Laura Turner (Kimberton Waldorf School, USA), Gregory J. Kelly (Penn State University, USA), Christian Plantin (Congreso ALED, Brasil), Dora Inés Calderón (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá), Carlos Eduardo Vasco (Colombia), Oscar Eugenio Tamayo (Universidad de Caldas, Colombia), Gustavo Daniel Constantino (CIAFIC, Argentina), Luz Gloria Cárdenas (Universidad de Antioquia, Medellín), Gloria María Álvarez (Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín), Ana María Netto Machado (UNIPLAC, Brasil). Y muchos colegas más que fui encontrando en los eventos nacionales e internacionales a los que tuve la fortuna de asistir con el apoyo de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, de la Universidad de Antioquia o de Colciencias. Todos ellos hacen parte de esta experiencia que espero pueda dejar bien plasmada en esta tesis con la esperanza de que alcance a ser una retribución útil para aquellos a quienes pueda llegar.

## **1 Introducción. El contexto general de esta investigación**

Este proyecto tiene su origen en un anhelo de cambio. Cuando fui estudiante de ingeniería recibí instrucción para llevar a cabo estudios y diseños de obras propias de la ingeniería civil. Ejercí esta profesión en la construcción y la consultoría por unos cinco años antes de vincularme como docente en el área de la mecánica de fluidos y los recursos hidráulicos. Con el tiempo comencé a sentir insatisfacción y desazón al reconocer que la formación en ingeniería adolecía de un gran aislamiento con otras disciplinas, lo que la había llevado a la formación de ingenieros que poco reconocían el fuerte efecto que algunas obras producen sobre el ambiente natural y que por ello mismo pueden perjudicar también al ser humano. Un reclamo que luego encontré en la obra de Stephen Toulmin (2003), “Regreso a la razón”.

Tuve la fortuna de encontrarme con la opción de realizar este proyecto de investigación en un Doctorado en Educación, pues es quizás desde la educación de donde mejor se puede iniciar el cambio. El recorrido fue largo debido a la poca formación estrictamente académica que tenía en temas de pedagogía, didáctica y educación en general. Como en ciertos oficios, no basta el ejercicio así sea prolongado para construir una comunicación de tipo científico con la comunidad reconocida como tal. Así, para este profesor con más de dos décadas de docencia en el aula de ingeniería no habría de bastar la experiencia empírica y debía iniciar estudios más científicos de la educación. La formación en el doctorado me permitió



conocer diversos desarrollos de reconocimiento científico como también posturas diferentes sobre la educación. Muchos de ellos quizás no alcancen siquiera a ser mencionados en esta tesis, no porque los pretenda desconocer o porque no sean relevantes, sino más bien porque su incidencia en esta propuesta no hace indispensable su inclusión.

Durante mi formación pedagógica y didáctica previa a mis estudios doctorales asistí a un buen número de cursos de formación docente donde en la mayoría de las veces se trataba del cómo hacer las cosas del ejercicio docente con el propósito de alcanzar el aprendizaje del estudiante, pero poco se hacía referencia a una postura pedagógica o filosófica sobre la cual se enmarcara cada propuesta didáctica. La formación doctoral me permitió en cambio, fundamentarme en los aspectos pedagógicos y filosóficos.

Me parece importante hacer un relato, así no sea exhaustivo, del recorrido por los diversos "espacios" académicos a los cuales tuve algún acceso, la mayoría de las veces, con la profundidad apropiada para reconocer cuáles eran los elementos que quería tomar para mi investigación o cuales no –una de las anécdotas con mis compañeros de la séptima cohorte del doctorado ha sido mi presentación final del Seminario de Investigación I en la que fui demasiado enfático al expresar lo que no iba a ser mi proyecto, cuando lo usual es defender lo que sí se pretende hacer -. Pues, en ese momento, tenía más claridad sobre lo que no sería mi proyecto. Vale agregar que en ese entonces el proyecto inicial con el cual me había presentado al programa de Doctorado (que se había originado en el descontento por cómo se lleva la enseñanza de la hidráulica en la ingeniería civil) había cambiado por el ofrecimiento del grupo GECM de desarrollar un proyecto en la línea de investigación museo-escuela. En los dos primeros años del programa doctoral recibí formación básica con énfasis en la enseñanza de las ciencias pero también en aspectos

pedagógicos y didácticos. Estos cursos me permitieron conocer diversas miradas, posturas y tendencias en la enseñanza y el aprendizaje. De ellos quisiera destacar los cursos del profesor Nicolás Marín (Universidad de Almería, España) y René Rickenmann (Universidad de Ginebra, Suiza) de los cuales resultó mi primer artículo en educación: “Enseñanza de las ciencias desde una mirada de la didáctica de la escuela francesa”, publicado en la Revista EIA, Número 10, 2008.

En algún momento el profesor Carlos Soto me presentó un artículo del doctor Gregory J. Kelly (Pennsylvania State University, USA) para la preparación de la formulación de un proyecto de investigación. El artículo *The social nature of knowing: Toward a sociocultural perspective on conceptual change and knowledge construction* (en: *Perspectives on conceptual change: Multiple ways to understand knowing and learning in a complex world*, 1998) me brindó el primer elemento para comenzar a decidir lo que quería. La perspectiva sociocultural sobre la cual fundamentaba su artículo el doctor Kelly me resultaba un camino atractivo de orientación para mi proyecto. Lo que sobrevino después de esto fue que contacté al doctor Kelly, me recibió para la pasantía y orientó mi trabajo entre abril y julio de 2009. De regreso tomé la decisión de abandonar el proyecto en la línea museo-escuela y volví a mi preocupación inicial de la educación en ingeniería, ahora con elementos más definidos, con base en la perspectiva sociocultural y en otros elementos desarrollados por el doctor Kelly en estudios del discurso y la argumentación. Así, la propuesta actual comienza a construirse en el segundo semestre de 2009 y define un título muy cercano al actual en diciembre de ese año cuando tuve la oportunidad de compartir mi propuesta con la profesora Neus Sanmartí (Universidad Autónoma de Barcelona, España). El artículo de Sardà y Sanmartí, “Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de





ciencias” (en: Revista Enseñanza de las Ciencias, 2000), me llevó a consolidar el interés por la argumentación en las clases de ciencias.

En 2010 se configura el actual proyecto y en paralelo con la profundización teórica se inicia el trabajo de implementación en el aula. En lo teórico se lleva a cabo un recorrido por las obras de Toulmin, Plantin, Perelman, van Dijk, todos ellos de amplio reconocimiento por sus aportes académicos y científicos. El trabajo de implementación se inicia con dos pequeños grupos de estudiantes de ingeniería que se inscriben por invitación mía en un semillero de investigación. La experiencia se lleva a cabo teniendo muy presente propiciar la interacción dialógica con los estudiantes y su propia construcción de conocimiento. El material que sirviera como base de trabajo ya se encontraba seleccionado a partir de mi experiencia como profesor de los cursos de mecánica de fluidos y de hidráulica por varios años. Para ese entonces faltaba claridad en la manera como se llevaría el análisis del corpus discursivo debido a las limitaciones de las teorías –o a mis limitaciones- encontradas hasta ese momento. La mayor complejidad para el análisis estaba en cómo llevarlo sobre el discurso interactivo en el aula, de manera que se diera clara cuenta del proceso argumentativo. Un aporte fundamental fue el artículo de Enderle et al. (2010), *Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom: An Observation Protocol –ASAC-*. Con base en un estudio realizado por Richard Duschl, Enderle et al. fundamentan este protocolo que amablemente fue compartido conmigo por Victor Sampson. Por otro camino descubrí dos textos compilados por Teun A. van Dijk –El discurso como estructura y proceso (2008) y El discurso como interacción social (2008)-. El artículo “Argumentación” de van Eemeren et al. me dirige al estudio de la Pragma-dialéctica. Se convierten así el protocolo ASAC y la Pragma-dialéctica en las bases teóricas de esta investigación. A partir de

allí y con el interés en dar cuenta del proceso de aprendizaje es que resultó la propuesta de los actos del proceso de aprendizaje. Si bien las propuestas de Enderle et al. y de van Eemeren y Grootendorst me permitieron llevar a cabo el análisis del discurso de aula en términos del ejercicio argumentativo, la falta de ciertos elementos que considero fundamentales en el proceso de aprendizaje, me llevaron a proponer unos nuevos marcadores del discurso que pudieran dar una mejor cuenta de este proceso como tal. Para esta nueva propuesta los aportes de varios investigadores como R. Keith Sawyer, James G. Greeno, Sharon M. Carver, Jerry Andriessen, publicados en *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*, editado por R. Keith Sawyer (2006), así como las publicaciones consignadas en *Nuevas Formas de Pensar la Enseñanza y el Aprendizaje* (Pozo et al., 2006) fueron de mucha orientación.

Para terminar esta introducción, quisiera referirme a una situación que deseo advertir pensando en especial en aquellos que hagan la atención de leer este trabajo. No es tan sencillo darle una ubicación disciplinar a esta propuesta. Algo claro es que se sitúa en la educación y específicamente en las ciencias (llamadas en algunos contextos, ciencias experimentales). Pero para la construcción de los fundamentos teóricos, se verán ideas tomadas de la filosofía de las ciencias, de la investigación en la educación en ciencias, y de la interacción comunicativa. La metodología de la investigación se construyó desde el enfoque cualitativo teniendo en cuenta el análisis del discurso desde la mirada del interaccionismo simbólico. Al adoptar la teoría Pragma-dialéctica, me ubico en el análisis crítico del discurso desde una postura pragmática.

Defiendo entonces esta propuesta desde una base filosófica con un objetivo pedagógico para proponer una postura didáctica en el aula con elementos del análisis del discurso que permitan su valoración y la



identificación de ciertos momentos del proceso de aprendizaje. La identificación de algunas palabras clave podrían ayudar en la ubicación de la propuesta: educación en ciencias, formación de ingenieros, interacción dialógica, proceso argumentativo, aprendizaje, análisis del discurso de aula.

### **1.1 El problema de investigación**

Si la ciencia se reconoce como una actividad cultural en un proceso de construcción colectiva, entonces también es posible considerar la construcción de conocimiento científico en el aula como una actividad social y no una mera transmisión de información. Esta postura posibilita además que esa actividad social se extienda al ejercicio profesional, promoviendo allí la interacción con la consecuente producción de ideas más elaboradas, más profundas, y al final más concertadas, gracias a la consideración de más ideas y sobre todo de más visiones. La presentación de más ideas propicia el desarrollo de las mismas en la medida que pueda ampliarse la estructura argumentativa.

Teniendo en cuenta la evolución que ha tenido la ingeniería y en particular la ingeniería civil que hoy en día reconoce mejor que antes el impacto ambiental de sus obras, resulta apenas justo proponer un ejercicio pedagógico que permita la participación del estudiante comenzando por el diálogo interactivo oral, donde presente sus ideas exteriorizadas, y que en esa intervención participe con los otros en la construcción de su propio conocimiento. Ese diálogo social está sujeto a múltiples condiciones que pueden ser motivadoras de la conversación o inhibidoras de la misma. Cuando interactuamos con alguien a través del diálogo, podemos construir un discurso argumentativo, esto es,

presentamos una idea, –si se quiere, una opinión- y la justificamos con razones. Nuestro interlocutor puede apoyar esa idea o contradecirla –refutarla-, de tal manera que en poco tiempo se ha construido un esquema argumentativo conformado en esencia por premisas, justificaciones, refutaciones, y –si se ha llegado a un acuerdo-, una conclusión. Así no sea construida esta estructura de manera consciente, no quiere decir que no sea reconocible y menos aún que no pueda ser susceptible de análisis.

Posiblemente quien tenga conciencia de cómo se construye un argumento llevará una ventaja en el momento de la interacción y quizás logre defender mejor sus ideas o alcanzar una mayor claridad en la discusión. Aquí entenderemos la argumentación como el proceso de un ejercicio de comunicación interactivo en la búsqueda de claridad. Aunque en un argumento puede defenderse una sola idea *per se*, aquí nos referiremos a la argumentación como un proceso de construcción de argumentos, o de elementos argumentativos, los cuales van tejiendo una estructura en la cual se reconoce la interacción de ideas. En la lingüística pragmática se conoce esta condición bajo el Principio de Cooperación (Bermejo, 2006).

Sobre el ejercicio de la argumentación se han escrito innumerables tratados desde la época griega –continúan siendo motivo de estudio las ideas de Aristóteles- y siguen surgiendo hoy en día nuevas teorías. También desde hace unas décadas se ha venido promoviendo el ejercicio de la argumentación en el aula de ciencias, especialmente porque mediante este ejercicio se desarrollan otras habilidades como el pensamiento crítico y se alcanza un nivel de metacognición –es decir de entender cómo es que aprendemos-, logrando un mayor entendimiento de los conceptos científicos (von Aufschnaiter et al., 2007; Simon and Richardson, 2009).

Sin embargo, llevar el ejercicio de la argumentación al aula requiere de ciertas condiciones. En primer lugar deberá crearse un ambiente propicio, en el cual todos los participantes se sientan invitados a participar. Si bien hemos comenzado diciendo que la argumentación puede ser un ejercicio natural en la interacción social, también ha de advertirse que no siempre se lleva a cabo de manera efectiva –por ejemplo cuando una de las partes toma una postura autoritaria y dominante, o cuando las intervenciones están por fuera de contexto, etc.-. Por ello en ocasiones se hace difícil, si no imposible, entablar conversación con un interlocutor, y todavía más difícil en lo que pudiera entenderse como una interacción argumentativa.

Lo que se propone aquí es considerar al aula como un espacio social en el cual sea factible generar un ambiente propicio para una interacción oral de forma que se facilite la construcción de estructuras argumentativas que finalmente lleven a una construcción de conocimiento –en términos de aprendizaje de los estudiantes-. Teniendo en cuenta que esta interacción tiene su base en una situación social, deberá resolverse en primer lugar cuáles han de ser los requisitos para que sea posible promover esta interacción de manera que se alcancen las características argumentativas que se pretenden. Uno de los mayores obstáculos iniciales es sin duda cierta institucionalización que tiene todavía en nuestros tiempos la clase magistral, no solo a causa del docente, sino incluso debido a los mismos estudiantes, que asisten al aula para que les sea entregada la información que han de almacenar para luego dar cuenta de ella en las evaluaciones. Porque a pesar de que tanto se declara en las instituciones educativas la adopción del constructivismo como modelo educativo, poco o nada se lleva al desarrollo de las clases en el aula. Pues bien, la argumentación en las clases de ciencias se plantea aquí desde una perspectiva sociocultural constructivista conectada con el aprendizaje de las ciencias, donde los

estudiantes son productores de conocimiento y el docente modera, guía y en general soporta y promueve el proceso.

Como en la educación, también en la ingeniería se reclama el cambio de ciertas prácticas profesionales que se han generado como producto de una exagerada especialización de las disciplinas. Prácticas que se han concentrado en ciertos aspectos formales dejando de lado las implicaciones que sus aplicaciones pueden llegar a tener en contextos reales más amplios. En la educación se percibe una forma de racionalismo que ha dominado las aulas de ciencias y que es a la vez causa del problema de las especializaciones. S. Toulmin (2003) en su obra “regreso a la razón” se refiere a esta situación como el “problema de las disciplinas”. Reconoce que el valor de los procedimientos disciplinares “está fuera de toda duda”, pero llama la atención porque en las actividades profesionales de las disciplinas rígidamente estructuradas se ha valorado más la conformidad que la originalidad impidiendo considerar la acción desde una perspectiva humana más amplia. Según Toulmin, la manera en que están organizadas las actividades profesionales, mantiene vigentes actividades intelectuales cuyo valor ya no tiene razón de ser, y que debido a ello, el restablecimiento de ideas más humanas y razonables está resultando más lento de lo que podría ser, a pesar del cambio de opinión dado desde los años sesenta hacia un reavivado interés por cuestiones sobre valores. Este cambio de opinión abre la esperanza a un futuro en el que se equilibren las exigencias “racionales” de la técnica científica con la atención a las exigencias de situaciones humanas en las cuales se pueden poner “razonablemente” en juego tanto capacidades intelectuales como prácticas. En este contexto Toulmin introduce los términos “racionalidad” y “racionalidad”. Mientras que la racionalidad la identifica con el “método científico”, la lógica formal y la idea de certeza, la “racionalidad” la



considera como una idea práctica y complementaria, que da la posibilidad de vivir sin necesidades ni certezas absolutas, contrario de lo que planteaba la racionalidad. Según Toulmin, desde los científicos naturales del siglo XVII la ciencia soñaba con unir las ideas de “racionalidad”, “necesidad” y “certeza” en un único envoltorio matemático, sueño cuyo efecto habría de causar una herida en la razón humana que durante tres siglos no tuvo cura, pero que recientemente está empezando a hacerlo, y que se necesita para restaurar el equilibrio adecuado entre la teoría y la práctica, la lógica y la retórica, la “racionalidad” y la “racionabilidad” (Toulmin, 2003). La idea fundamental entonces al defender el desarrollo de la argumentación mediante una lógica no formal es un intento por restablecer el equilibrio de la razón.

La denominación de lógica no formal es también utilizada por autores como Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) quienes afirman que la lógica formal moderna se ha constituido en el estudio de los medios de demostración empleados en las matemáticas, pero que su campo está limitado ya que lo que ignoran los matemáticos es también desconocido para la lógica formal. Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) proponen construir una lógica analizando los medios de prueba de los que se sirven las ciencias humanas, el derecho y la filosofía y examinando las argumentaciones presentadas por publicistas, políticos, abogados, jueces, filósofos, etc., pretendiendo crear una lógica que sea útil para tomar una decisión o una solución razonable, esto es, que implique el uso práctico de la razón.

Quizás fue precisamente el hecho de que para los comunicadores el lenguaje (de la argumentación) opera en situaciones humanas, y no mediante proposiciones “desituadas” y separadas de las estructuras más amplias de la vida humana, que el trabajo de Toulmin editado por primera

vez en 1958, *Uses of Argument*, tuvo su primera y mayor acogida entre esta clase de profesionales (Toulmin, 2007).

En lo que se refiere a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se toma como fundamento en esta investigación una perspectiva también social o cultural, por la cual la ciencia se considera una empresa que se construye y evoluciona en el entramado del tejido social (Duschl, 2008a). Las nuevas perspectivas del aprendizaje y de los ambientes de aprendizaje de las ciencias, así como los estudios científicos sobre el conocer e indagar, resaltan la importancia en que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias armonicen con las metas conceptuales, epistemológicas y del aprendizaje social. Duschl (2008a) afirma que al revisar en conjunto las investigaciones en el aprendizaje de las ciencias (cita por ejemplo a NRC, 1999, 2001; Sawyer, 2006), las investigaciones de los estudios científicos (cita p.e. a Giere, 1998, 1999; Longino, 2002; Nersessian, 1992) y las investigaciones en educación científica (cita p.e. a Millar, Leach and Osborne, 2000; Minstrel & van Zee, 2001; NRC, 2007), se concluye que:

1) La incorporación y la valoración del aprendizaje de la ciencia en los contextos educativos debe enfocarse en tres espacios integrados:

a) Las estructuras conceptuales y los procesos cognitivos utilizados cuando se razona científicamente,

b) Los marcos epistémicos utilizados en el desarrollo y la evaluación del conocimiento científico, y

c) Los procesos y contextos sociales que dan forma a cómo el conocimiento es comunicado, representado, defendido y debatido;

2) Las condiciones para el aprendizaje de las ciencias mejoran a través del establecimiento de:





- a) Ambientes de aprendizaje que promuevan un aprendizaje productivo y activo del estudiante,
- b) Secuencias instructivas que promuevan la integración del aprendizaje de la ciencia a través de los tres espacios de (1),
- c) Actividades y tareas que hagan el pensamiento de los estudiantes visible en cada uno de los tres espacios de (1), y
- d) Prácticas de evaluación diseñadas por el profesor que permitan hacer un seguimiento al aprendizaje y suministren información sobre el desarrollo del pensar y del aprender en cada uno de los tres espacios de (1).

Es así como en concordancia con la armonización de los espacios conceptual-cognitivo, epistémico, y social, se propone la argumentación en la clase de ciencias como una alternativa para abordar el proceso de aprendizaje del estudiante. Se considerará el aprendizaje como un proceso que se va construyendo mediante una interacción con otros individuos (en una interacción sincrónica) pero también a partir del trabajo de otros (en una interacción asincrónica). La primera es la que se realiza en el aula a partir del conocimiento previo de los estudiantes y la orientación del docente. La interacción asincrónica, por su parte, es la que se suscita a partir del uso de la historia de las ciencias para traer al aula casos o situaciones problemáticas que puedan propiciar la participación de los estudiantes dándoles también la oportunidad de reconocer que la construcción de ciencia es un proceso social.

Finalmente, con esta propuesta de investigación se espera contribuir a la fundamentación teórica y metodológica de la argumentación, de manera que el ejercicio argumentativo en el aula de ciencias promueva la práctica de la lógica “razonable”, en la intención de construir un futuro en el que se

equilibren las exigencias “racionales” de la técnica científica con la atención a las exigencias de situaciones humanas en las cuales se pueden poner “razonablemente” en juego tanto capacidades intelectuales como prácticas. Surgen entonces las preguntas con las cuales se identifica el problema de investigación que se propone resolver:

¿Cómo desarrollar la clase de ciencias de estudiantes de ingeniería de manera que mediante un ejercicio argumentativo se construya conocimiento, esto es, se logre aprendizaje en el estudiante?

¿Qué condiciones han de considerarse y establecerse para que la argumentación en el aula contribuya al aprendizaje de las ciencias?

¿Cómo elaborar el diseño didáctico de aula?

¿Qué marco de análisis puede utilizarse para evaluar el proceso argumentativo?

Estas preguntas definen los objetivos de esta investigación.

## **1.2 Objetivos de esta investigación**

El objetivo general de esta investigación es el de contribuir con una fundamentación teórica y una propuesta metodológica para el desarrollo de las clases de ciencias de estudiantes de ingeniería donde se promueva el proceso argumentativo para el aprendizaje.

Se definen para ello tres objetivos específicos:

El primero, establecer las condiciones para que la argumentación contribuya al aprendizaje de las ciencias en estudiantes de ingeniería.

El segundo, examinar el proceso argumentativo de estudiantes de ingeniería en el aula.



Y el tercero, proponer un marco de análisis para la evaluación del proceso argumentativo desarrollado por estudiantes de ingeniería en el aula.

### **1.3 Contenido de este informe**

El presente informe se ha organizado en los siguientes capítulos:

El capítulo 2 se dedica a recoger aspectos más relacionados con la argumentación en ciencias. Se establece la diferencia entre el argumento y la argumentación, así como algunas formas de evaluación. Se presenta el protocolo propuesto por Enderle et al. para la evaluación del proceso argumentativo, el cual será utilizado en el análisis del corpus discursivo de la implementación en el aula.

El capítulo 3 presenta la teoría Pragma-dialéctica, que también orientará el análisis del corpus discursivo. Entre las distintas propuestas estudiadas esta teoría pareció a mi juicio la más adecuada para guiar el análisis del discurso oral.

En el capítulo 4 se detalla el diseño de esta investigación, la metodología propuesta, los participantes, el contexto en el cual fue desarrollada, y el plan de recolección y análisis del corpus discursivo.

El capítulo 5 reúne los resultados del análisis desde los elementos del protocolo de observación para la evaluación del proceso argumentativo como también desde la discusión crítica de la teoría Pragma-dialéctica.

El capítulo 6 presenta un marco de análisis adicional en una propuesta por identificar en el aula los actos del proceso de aprendizaje, los cuales además son relacionados con las dos vías de análisis utilizadas en el capítulo anterior.



*Tesis doctoral Facultad de Educación. Juan F. Barros M. (2014)*

En el capítulo 7 se presentan unas reflexiones finales y las conclusiones de la investigación.

Los capítulos 8 y 9 reúnen las referencias bibliográficas y un material complementario. Se han incluido como anexo algunas gráficas en un tamaño mayor al cual fueron incluidas en el texto con el fin de permitirle al lector una mejor apreciación de las mismas.

## 2 La argumentación en la educación en ciencias

Antes de presentar un panorama de la argumentación en ciencias conviene advertir sobre una cuestión que resultó en un interés permanente durante este trabajo de investigación. Se trata de cómo relacionar el lenguaje cotidiano con el lenguaje de la ciencia. O refiriéndonos a la argumentación, cómo relacionar la argumentación del lenguaje cotidiano con la del lenguaje de la ciencia. Aunque no fue el objetivo de esta investigación responder a esta pregunta, sí fue aquel interés la razón de incluir un referente teórico como la teoría Pragma-dialéctica muy utilizado en contextos comunicativos más amplios y que incluyen la comunicación cotidiana. Esa es la justificación de porqué además del análisis que se propuso (y que presentaremos más adelante) del proceso argumentativo a partir del protocolo *ASAC –Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom: An Observation Protocol-* se llevó a cabo otro análisis a partir de la teoría Pragma-dialéctica. Porque si bien se reconoce un lenguaje de la ciencia, surge entonces la pregunta de cómo se adquiere ese lenguaje y más que eso, cómo se transforma el lenguaje del sujeto (si es que lo hace) cuando atraviesa la puerta del salón de clase bien sea hacia dentro o hacia fuera de éste. Bricker y Bell (2012) analizan esta situación utilizando el marco de Tilly (2006), que categoriza las razones de las personas, y el cual emplean como base de comparación entre las argumentaciones cotidianas de los jóvenes y los argumentos propios de un currículo de ciencias. La conclusión de Bricker y Bell (2012) resalta la

importancia de reconocer las argumentaciones cotidianas y conectarlas con las argumentaciones científicas en un proceso de identificación de ambas formas de argumentación por parte de los participantes, es decir, el docente y los estudiantes.

En relación con la educación superior Andrews (2010) ubica el papel de la argumentación entre un conjunto de prácticas que van desde la racionalidad abstracta a las diversas formas de comunicación (p.e. el discurso hablado, el ensayo escrito, las imágenes fijas o en movimiento, las figuras espaciales –como la escultura–, las composiciones musicales o las ecuaciones matemáticas). No la considera un género ni un medio de comunicación sino el resultado de una disposición hacia lo racional, hacia la exploración de la naturaleza de la diferencia, un territorio donde las distinciones importan y donde a veces, aunque no siempre, a través de la exposición de argumentos ayuda a resolver las diferencias (Andrews, 2009, 2010). En esta investigación, nos centraremos en la interacción oral aunque de acuerdo con Andrews (2010) seamos conscientes de otros elementos que pueden incluso intervenir durante la comunicación oral en la clase de ciencias, como son las ecuaciones matemáticas, las leyes propias de la ciencia, los modelos científicos o la expresión gráfica.

## **2.1 Argumento y Argumentación. Generalidades**

En términos generales *El argumento* puede considerarse como la secuencia de símbolos lingüísticos, el segmento de razonamiento que va desde los datos de partida hasta la conclusión, encadenando razones y objeciones que van a establecer el contenido y la fuerza de la tesis que es presentada a un interlocutor (Trujillo, 2007). En correspondencia con la argumentación formal o no formal, Walton (2009) establece la diferencia entre el argumento de la teoría lógica y el de la lógica pragmática. Para la

primera, un argumento es el conjunto de proposiciones, donde el amplio contexto del diálogo no es tenido en cuenta y lo que importa es la verdad o falsedad de tales proposiciones. En la lógica pragmática en cambio, el argumento es la declaración que con los procedimientos propios de un diálogo razonable llega a ser relevante para probar o establecer la conclusión sobre el asunto argumentado.

*La argumentación* se refiere a la construcción de una realidad a través del lenguaje mediante un proceso discursivo. No solo se argumenta para convencer, sino también para hacer pensar, provocar, descubrir, generar o resolver diferencias, buscar claridad, validar, externalizar el pensamiento interno que se ofrece a través del diálogo social, etc. (Carrillo, 2007; Andrews, 2009; Enderle et al., 2010; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008). En este sentido, *La argumentación* es una vía que estimula el criterio racional y contribuye al desarrollo de los procesos cognitivos de orden superior, a la enculturación de la ciencia, y al pensamiento crítico (Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008). Para Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) el objetivo de *la argumentación* es provocar o acrecentar la adhesión a las tesis presentadas. Por lo tanto, una argumentación eficaz es la que consigue aumentar la intensidad de la adhesión de manera que desencadene en los oyentes la acción prevista, o por lo menos que cree en ellos una predisposición que se manifestará en el momento oportuno. Especialmente el discurso educativo tiende a crear cierta disposición a la acción en los oyentes, por lo que se le puede relacionar con el pensamiento filosófico. Para llevar a cabo *la argumentación*, se requiere ante todo que exista una comunidad intelectual que esté dispuesta a debatir una cuestión determinada: “Para argumentar es preciso valorar la participación del interlocutor, apreciar su consentimiento y su concurso intelectual. El querer convencer a alguien implica siempre cierta modestia por parte de la

persona que argumenta, reconociendo que lo que dice no constituye un ‘dogma de fe’. El orador admite que debe persuadir al interlocutor, pensar en los argumentos que pueden influir en él, pero a la vez preocuparse por él e interesarse por su estado de ánimo. Lo importante no está en saber lo que el mismo orador considera verdadero o convincente, sino cuál es la opinión de aquellos a los que va dirigida la argumentación”. (Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1989)

En las últimas décadas se ha visto incrementada la investigación en el aprendizaje de las ciencias y nuevas propuestas y enfoques han surgido. En la actualidad se tiene en cuenta que el lenguaje de la ciencia es más que la enunciación de términos y conceptos, hechos y leyes, principios e hipótesis, y está estrechamente relacionado con el carácter cambiante de las ideas científicas acerca del método, los alcances, y las explicaciones. Un carácter que ha sido establecido a través de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia. De aquí que se esté pasando de un enfoque de la enseñanza en lo que sabemos (p.e. en términos y conceptos) a un enfoque que enfatiza en el cómo sabemos lo que sabemos y por qué creemos que lo sabemos (p.e. usando el criterio para evaluar las ideas); esto requiere una cultura del aula diferente y un ambiente discursivo, donde el estudiante pueda percibir la investigación científica como un proceso epistémico y social, en la que el conocimiento puede ser cambiado, modificado, reestructurado, y en ocasiones abandonado (Duschl, 2008b).

La argumentación en las clases de ciencias permite que los estudiantes tengan la oportunidad de discutir, evaluar y debatir los procesos, los contextos y los productos de la actividad científica. Por medio de la argumentación en las clases de ciencias se pretende además incorporar ideas sobre cómo ocurre la construcción del conocimiento científico y la de otros valores humanos (p.e. el fortalecimiento de valores ciudadanos



mediante la interacción social) (Caamaño, 2010). Es por eso que en la actualidad se reconoce la importancia que tiene la argumentación en los procesos de enseñanza y aprendizaje en todos los niveles educativos y en todas las áreas del saber (Enderle et al., 2010; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008; Kelly et al., 2007; Sardà y Sanmartí, 2000).

En lo que se refiere a la producción investigativa internacional acerca del uso de la argumentación para el aprendizaje de las ciencias, se aprecia una significativa muestra de casos: p.e. prácticas de argumentación en ciencias naturales como la biología, la química y la física; casos de estudiantes de primaria, secundaria y educación superior; investigaciones sobre la interacción de los estudiantes en el aula, en el laboratorio, o en espacios virtuales; argumentación del profesorado; análisis semánticos y retóricos de la argumentación escrita; evaluación de contenidos curriculares; la argumentación en la formación por competencias; la argumentación según el modelo de Toulmin, según la retórica de Perelman, o según Plantin, etc. Esto, para citar una muestra de algunas investigaciones<sup>1</sup>. Sin embargo siguen siendo todavía necesarias propuestas de investigación que examinen los diversos aspectos relacionados en especial con el proceso de la argumentación. En particular es preciso indagar por ejemplo respecto a cómo fomentar la argumentación en el aula

---

<sup>1</sup> Véase por ejemplo: Jiménez Aleixandre, 2010; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2010; Federico y Jiménez-Aleixandre, 2005; Jiménez-Aleixandre et al., 2004; Campaner y De Longhi, 2004; Solbes et al., 2010; Sampson & Clark, 2008a; Polonio et al., 2009; Hammer & Elby, 2003; Russ et al., 2008; v. Aufschnaiter et al., 2008a, 2008b; Brown et al., 2005; Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003; Reveles et al., 2004; Sardà y Sanmartí, 2000; Kelly et al., 2005; Kelly and Bazerman, 2003; Kelly & Crawford, 1997; v. Aufschnaiter, 2003; Nussbaum et al., 2007; Erduran & Yan, 2010; McNeill & Pimentel, 2010; Konstantinidou y Cervero, 2009; García y Domínguez, 2009; McNeill & Krajcik, 2008; Sadler, 2006; Campos et al., 2005; Márquez, 2009; Lawson, 2010; Wilson et al., 2010; Kuhn & Raiser, 2009; McNeill, 2009; Bricker & Bell, 2008; Windschitl et al., 2008; Sandoval, 2005; García de Cajén et al., 2002; Bargalló y Prat, 2010; Orofino y Frateschi, 2009; Sanmartí et al., 2009; Sampson & Clark, 2008b; Henao y Stipcich, 2008; Chamizo, 2007; Erduran et al., 2004; Rodríguez, 2004; Konstantinidou et al., 2010; Álvarez, 2008; Berland & Brian, 2008; García y Valeiras, 2010; Gómez, 2001; Cardona, 2008, Corredor y Calderón, 2003.

de acuerdo con el campo disciplinar, cómo llevar a cabo la evaluación tanto del proceso como de la calidad de los productos argumentativos, cuál es el rol del profesor durante la argumentación en el aula según las circunstancias (el ambiente) o los diferentes desempeños de los estudiantes, qué puede el docente esperar de los estudiantes o de él mismo y del propio proceso de aprendizaje que se desarrolla durante la argumentación.

En el contexto internacional hay una tendencia creciente por incorporar en las políticas públicas de la educación en ciencias ideas acerca de cómo la argumentación puede contribuir a la construcción del conocimiento científico (Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008). Un ejemplo lo constituyen países como Estados Unidos, el Reino Unido y España. En los Estados Unidos, la *American Association for the Advancement of Sciences* (AAS) y el *National Research Council* (NRC) han promovido reformas como la de “*Science as Inquiry Standard*” donde se enfatiza en lo importante que es el que los estudiantes entiendan cómo sabemos lo que sabemos en ciencia (*how we know what we know in science*). En el Reino Unido, la importancia del argumento y la justificación de enunciados con evidencia, es reconocida como una meta a través de componentes del *National Science Curriculum* como *Ideas and Evidence* y *How Science Works*, que tienen como objetivo que los estudiantes salgan de la escuela con un sentido más profundo de la naturaleza del conocimiento científico, de cómo se producen, se revisan y se evalúan las ideas científicas. En el Currículo Nacional de España por su parte, se destaca para las escuelas secundarias la relevancia del uso de la evidencia y la argumentación tanto en la definición general de competencias básicas como en la descripción de las metas de las asignaturas científicas.



Desde el Ministerio de Educación Nacional de Colombia se insiste en la importancia de comprender el mundo natural en que vivimos, aprender a transformarlo y manejar eficiente y responsablemente toda la información y el conocimiento que sobre él ha acumulado la humanidad (Villaveces, 2009) y la argumentación se constituye en una alternativa que propicia la realización de este propósito. Si bien esto anterior muestra que en Colombia se han dado pasos en dirección de lo que se podría denominar una perspectiva social o cultural de la ciencia, hace falta sin embargo más fundamentación y desarrollo para llevar a la práctica esta perspectiva.

## **2.2 La argumentación en la clase de ciencias**

A partir de las investigaciones de los últimos 20 años, Jiménez-Aleixandre y Erduran (2008) identifican cinco contribuciones potenciales de la argumentación en la clase de ciencias, haciendo referencia a la argumentación como una práctica fundamentada en una visión del constructivismo social del aprendizaje:

- 1) El acceso a los procesos cognitivos y metacognitivos caracterizando el desempeño de los científicos y propiciando la actuación de los estudiantes;
- 2) El desarrollo de competencias comunicativas y del pensamiento crítico;
- 3) El éxito de la alfabetización científica y el empoderamiento de los estudiantes a hablar y escribir el lenguaje de las ciencias;
- 4) La enculturación entre las prácticas de la cultura científica y el desarrollo de criterio epistémico para la evaluación del conocimiento; y
- 5) El desarrollo del razonamiento, particularmente la selección de teorías o posturas basadas en un criterio racional.

La práctica de la argumentación en la clase de ciencias tiene que tener un objetivo conectado con el aprendizaje de las ciencias, donde el papel de los estudiantes es el de ser productores de conocimiento y el papel del docente el de moderar, guiar y dar soporte al proceso. Es por ello que esta práctica se lleva con un enfoque constructivista centrado en el estudiante, que asume control sobre su propio aprendizaje, actuando como productor de conocimiento y no como un consumidor del conocimiento producido por otros. Tal control está ligado a un ambiente que requiere de los estudiantes la ejecución de prácticas epistémicas asociadas con la comunicación, la producción y la evaluación del conocimiento (Kelly, 2008). Este enfoque constructivista tiene en cuenta seis aspectos que han de considerarse para promover la argumentación en el aula de ciencias (Jiménez-Aleixandre, 2008):

1) El papel de los estudiantes. Los estudiantes generan productos, escogen entre estos productos, devuelven su elección con evidencia, evalúan la significancia de la evidencia con criterio y reconocen el proceso. En contextos argumentativos los estudiantes son productores activos en la presentación de ideas justificadas y críticos efectivos de otras ideas.

2) El papel del profesor. Los profesores solicitan evidencia y motivan a los estudiantes a la reflexión presentando también criterios para evaluar la evidencia. De esta forma apoyan el desarrollo del entendimiento epistemológico.

3) El currículo. En contextos argumentativos el currículo se estructura para resolver problemas auténticos que generen diversos resultados con diferentes niveles epistémicos y donde se utilicen recursos que apoyen prácticas epistémicas. El objetivo es involucrar a los estudiantes en la investigación, en las prácticas discursivas de los científicos.



4) La evaluación. En contextos argumentativos profesores y estudiantes comparten los criterios comunes para la evaluación y la autoridad para calificar los resultados y las diferentes instancias del repertorio comunicativo.

5) La metacognición. En ambientes argumentativos los estudiantes están involucrados en la reflexión acerca de su saber y de sus ideas y procesos de aprendizaje.

6) La comunicación. En contextos argumentativos el enfoque comunicativo es interactivo y dialógico, estableciéndose una comunidad del discurso.

La argumentación es una habilidad que se aprende a través de la práctica. Los ambientes argumentativos son un tipo de ambientes de aprendizaje constructivista y comparten con ellos muchas características, ofreciendo más énfasis en la evaluación del conocimiento (científico). (Jiménez-Aleixandre, 2008)

Duschl (2008b) propone tres maneras de identificar la argumentación en la clase de ciencias, las cuales pueden aparecer incluso entremezcladas: la analítica, la dialéctica y la retórica. Los argumentos analíticos están fundamentados en la teoría de la lógica y esencialmente tienen una procedencia inductiva o deductiva desde una serie de premisas a una conclusión. Los argumentos dialécticos son aquellos que ocurren durante una discusión o debate y que involucran razonamientos con premisas que no son evidentemente ciertas, siendo así parte del dominio *lógico no formal*. Los argumentos retóricos en cambio están representados por técnicas discursivas empleadas para persuadir a una audiencia. En las ciencias, las tres formas argumentativas son usadas, pero la dialéctica y la analítica, por enfocarse en la evidencia, son más representativas de la

argumentación científica. Sin embargo, mientras que las revistas y los textos científicos a través de sus reportes definitivos presentan la ciencia como puramente analítica y lógica, estudios de la ciencia en formación (como son los de tipo etnográfico, p.e. los trabajos de S. Shapin (1998) y B. Latour (1995)) revelan que mucha parte de la ciencia involucra esquemas argumentativos dialécticos y retóricos. (Duschl, 2008b)

### **2.3 El argumento y el proceso argumentativo**

En la educación en ciencias, el argumento se refiere a aquellos elementos (*artifacts*) que un estudiante o grupo de estudiantes crean cuando son requeridos para articular y justificar ideas o explicaciones científicas, mientras que la argumentación se refiere a los procesos de construcción de estos elementos (Sampson y Clark, 2008b). Mantendremos por tanto en esta investigación la diferencia entre argumento y argumentación, posición que marca una distinción en la evaluación del argumento o del proceso argumentativo.

#### **2.3.1 El argumento. Marcos analíticos para su evaluación**

Conectado con el proceso argumentativo está el análisis del argumento. En la educación en ciencias particularmente este análisis ha sido llevado a cabo desde diversos enfoques o marcos analíticos. Sampson y Clark (2008b) identifican tres aspectos fundamentales utilizados por quienes han estudiado la generación de argumentos por parte de los estudiantes en educación en ciencias:

- 1) La estructura o complejidad del argumento (i.e. los componentes del argumento);
- 2) El contenido del argumento (i.e. la precisión o pertinencia de los componentes del argumento evaluados desde una perspectiva científica); y

3) La naturaleza de la justificación (i.e. cómo las ideas y declaraciones son respaldadas o validadas en el argumento).

Con base en estos tres aspectos clasifican los marcos analíticos en dos grupos: los marcos analíticos generales y los marcos analíticos específicos. Los primeros son más orientados hacia la estructura y la aceptabilidad de las razones en el argumento, y los segundos se centran en análisis más específicos del contenido de la justificación del argumento, de los niveles epistémicos de las proposiciones, de su validez hipotético-deductiva, o de aspectos conceptuales.

Entre los marcos analíticos generales Sampson y Clark (2008b) consideran los enfoques del modelo de Toulmin (2003) y el de Schwarz, Neuman, Gil y Ilya (2003); entre los segundos incluyen los enfoques de Zohar y Nemet (2002), de Kelly y Takao (2002), de Lawson (2003), de Sandoval (2003; Sandoval y Millwood, 2005 ), Kuhn y Reiser (2005), McNeill et al. (2006), y Zembal-Saul et al. (2003). Estos marcos analíticos se han aplicado principalmente en el análisis de producciones escritas más que en el discurso interactivo oral sobre el cual se propuso investigar en este proyecto.

#### *Marcos analíticos generales*

Entre estos se pueden considerar los enfoques del modelo de Toulmin (2003), el de Schwarz, Neuman, Gil y Ilya (2003), o lingüistas como Van Dijk (1992) y Adam (1995).

Toulmin considera el análisis lógico formal insuficiente para descubrir cómo funciona la argumentación y la discusión crítica en el marco de las interacciones comunicativas cotidianas. De ahí que en su esquema genérico del razonamiento a partir de seis elementos presente su

propuesta analítica para comprender el paradigma retórico-dialéctico que sirve de fundamento a la argumentación y a la discusión (Trujillo, 2007). A partir del trabajo editado por Toulmin en 1958 (*Uses of Argument*) se elaboró un modelo de la estructura de la argumentación que representa las relaciones funcionales entre sus elementos constitutivos marcando los componentes del razonamiento desde los datos hasta las conclusiones (Sardà y Sanmartí, 2000). El modelo propuesto a partir de Toulmin se basa en un esquema de la argumentación, que contiene seis componentes (Figura 1). Andrews (2010) propone una reorientación del modelo de Toulmin (Figura 2) donde destaca su naturaleza arqueológica en una metáfora de conducción que trata de desenterrar y descubrir las bases para la conclusión: Datos, hechos o informaciones factuales que se invocan para justificar y validar la afirmación; Conclusión, la tesis que se establece; Justificación o garantía, razones (reglas, principios, etc.) que se proponen para justificar las conexiones entre los datos y la conclusión; Fundamentos, es el conocimiento básico que permite asegurar la justificación; Cualificadores modales, son aquellos que aportan un comentario implícito de la justificación y son la fuerza que la justificación confiere a la argumentación; Refutadores, que aportan un comentario implícito de la justificación, señalando las circunstancias en que las justificaciones no son ciertas. Sin embargo, según este autor se trata de un modelo relativamente estático, más adecuado para probar la fuerza de los argumentos existentes que para generar otros nuevos, y por ello, en los contextos educativos sería mejor utilizado en la medición de la validez de un argumento antes de la presentación de la versión final para la evaluación o debate. Tal reorientación ayuda a ver que el modelo podría ser utilizado más específicamente para fines de composición escrita.



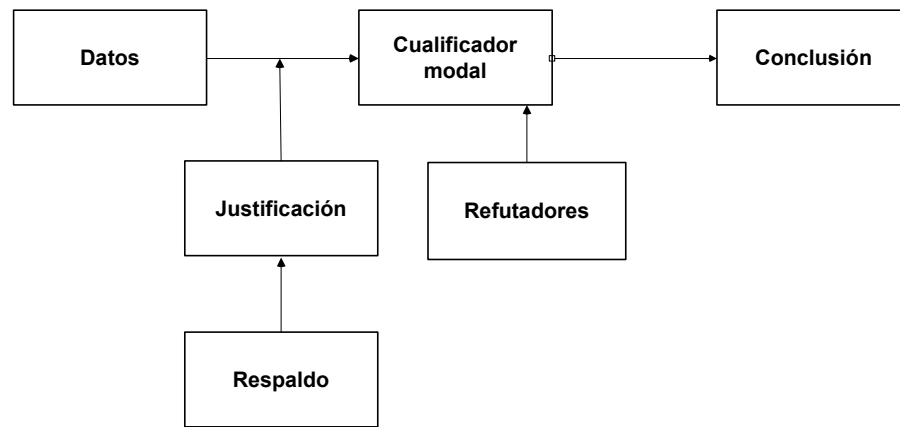


Figura 1. Modelo de Toulmin (1) (Andrews, 2010)

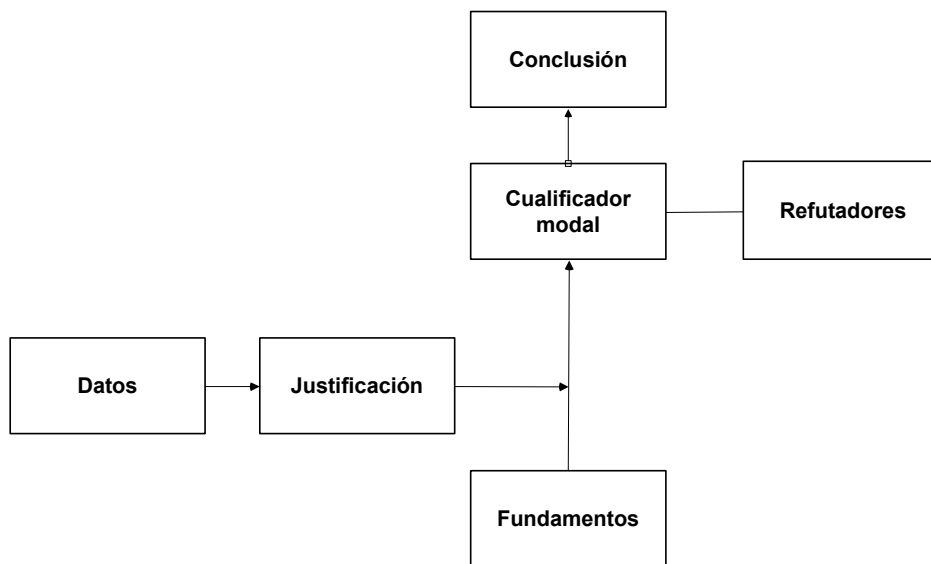


Figura 2. Modelo de Toulmin (2) (Andrews, 2010)

Para Sardà y Sanmartí (2000) el modelo utilizado a partir de Toulmin y adaptado a la práctica escolar, ha permitido reflexionar con el alumnado sobre la estructura y las partes del texto argumentativo, reconociendo la importancia de las relaciones lógicas que hay entre ellas, posibilitando una meta-reflexión sobre las características de la argumentación científica.

Andrews (2010) expone que las dificultades con la aplicación del modelo de Toulmin para el aprendizaje de contenidos no son sólo porque el modelo en sí mismo no sea dinámico y por lo tanto no susceptible de variación retórica, sino que es técnicamente difícil de entender y aplicar. Por ejemplo, la distinción entre la garantía y su respaldo puede ser difícil de reconocer. Si una “garantía” es el medio por el cual la evidencia cuenta con las pruebas para apoyar una proposición, el “respaldo” es el conjunto de valores o el contexto ideológico en el que la garantía, la proposición, y la evidencia, se validan o dan significación. La primera es operativa y el segundo sustancial. De manera similar Sampson y Clark (2008b) reconocen como complicación en la aplicación del modelo de Toulmin la confiabilidad en la diferenciación entre proposición, datos, garantías y respaldos debido a que los comentarios de los estudiantes pueden ser clasificados por lo general entre múltiples categorías, razón por la cual algunos investigadores cuestionan la utilidad de este modelo para el estudio de los argumentos generados por los estudiantes en el contexto de la educación en ciencias.

Schwarz et al. (2003) diseñaron un marco analítico para un contexto donde los estudiantes produjeron textos argumentativos en entrevistas estructuradas o ensayos donde estaban advertidos que debían ser explícitos. Este marco se enfoca sobre la complejidad de la estructura y la naturaleza de la justificación para evaluar la calidad del argumento, más que en el contenido. Puede ser utilizado en variedad de contextos con poca o ninguna modificación ya que como en el caso del modelo de Toulmin se basa en el supuesto de que los aspectos significativos de las estrategias utilizadas por los estudiantes para generar un argumento calificado no dependen del contexto. Estos autores definen el argumento como una conclusión con al menos una razón o justificación, y como en el caso del

modelo de Toulmin reconocen el uso de cualificadores, además de razones, contra-argumentos o meta-proposiciones. Desde su perspectiva, la solidez de un argumento depende de la aceptabilidad y relevancia de las razones. Los argumentos son jerarquizados desde el más simple (una conclusión que no es soportada por ninguna justificación) hasta los argumentos compuestos (una conclusión con una o varias justificaciones, hasta varias conclusiones con cualificadores y diversas justificaciones). También evalúan la calidad de las razones según sea su naturaleza abstracta (p.e. razones con sentido lógico), de consecuencia (p.e. cuando hacen referencia a una causa-efecto), de sentido (p.e. generalmente aceptadas o que se basan en la propia experiencia), o superficial (p.e. aquellas que no son precisas). De acuerdo con Schwarz et al. (2003) los estudiantes tienden a producir argumentos de una conclusión justificados por una razón de sentido o superficial, pero luego de participar en más intervenciones son capaces de generar argumentos más complejos (con más de una razón) y con razones más aceptables y relevantes que cuando lo hacen de forma individual.

Otros marcos analíticos generales son por ejemplo los de Van Dijk (1992), que en el ámbito de la lingüística textual, propone otro modelo conceptual de la argumentación en esquema jerárquico (Figura 3), o el de Adam (1995), también lingüista, que presenta la idea de la función persuasiva que tiene la argumentación en un modelo de secuencia textual (Figura 4), donde un texto puede estar estructurado en diferentes secuencias de base (en la Figura 4, las macroproposiciones P. arg. 1, 2 y 3), dado que existe la posibilidad de que se estructure de manera única.

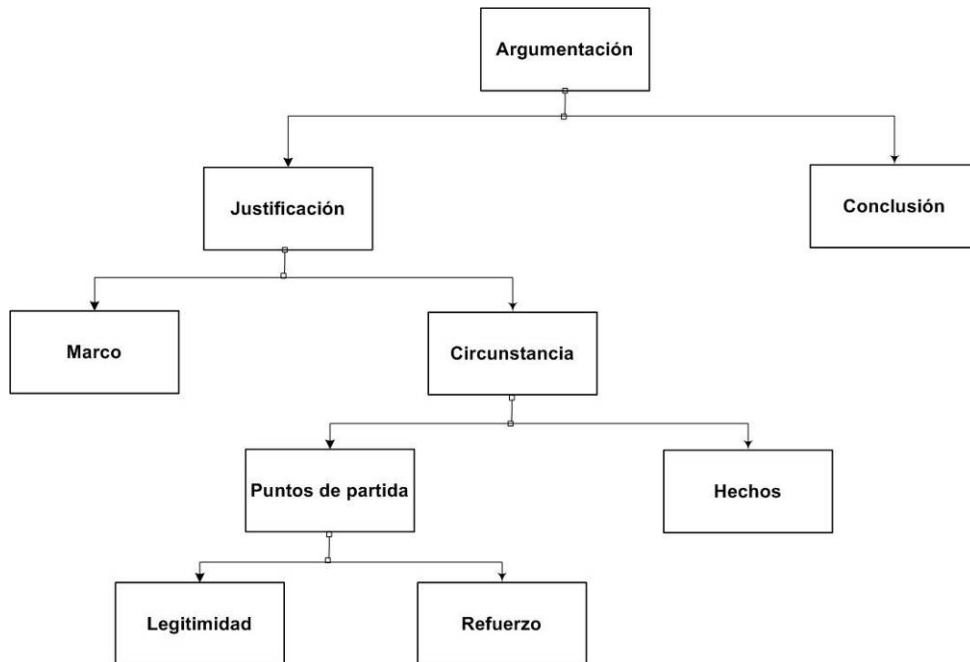


Figura 3. Modelo conceptual de la argumentación según Van Dijk (1992)

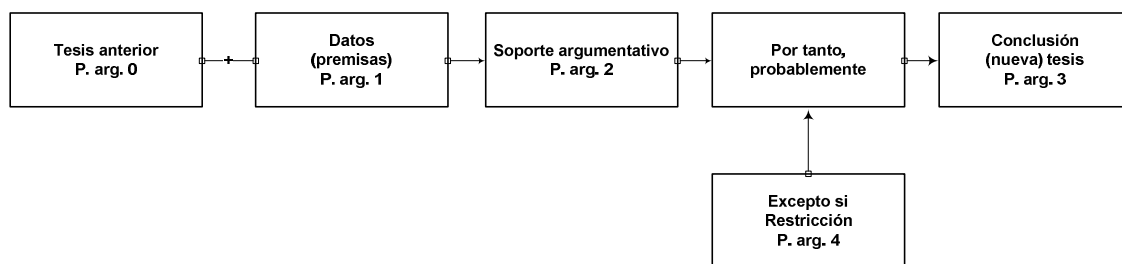


Figura 4. Secuencia argumentativa según Adam (1995)

### *Marcos analíticos específicos*

Entre los marcos analíticos específicos están el de Zohar y Nemet (2002), más enfocado en los aspectos de la justificación y del contenido que en la estructura; el de Kelly y Takao (2002) que utiliza una clasificación de las proposiciones en niveles epistémicos; el de Lawson (2003) que en lugar de los elementos propuestos por Toulmin utiliza tipos de argumentos hipotético-predictivos; y el de Sandoval (2003) que enfatiza en la



evaluación del argumento en términos de la calidad conceptual y epistemológica.

Zohar y Nemet (2002) definen el argumento como una estructura de afirmaciones o conclusiones con sus justificaciones y consideran la argumentación un tipo de razonamiento informal. Conclusiones que no incluyan algún tipo de justificación no son consideradas un argumento. El marco analítico que proponen fue diseñado para evaluar con base en el contenido de la justificación, la calidad de argumentos escritos generados por los estudiantes. Un argumento débil es aquél cuyas justificaciones no son relevantes. Proponen describir cómo los estudiantes incorporan ideas científicas en sus argumentos en lugar de caracterizar los componentes de una justificación y establecen categorías para las justificaciones según: a) no haya consideración de conocimiento científico, b) el conocimiento científico no sea preciso, c) el conocimiento científico no sea específico, o d) el conocimiento científico sea correcto. De esta forma evitan algunos elementos que el modelo de Toulmin considera para la confiabilidad y validez del argumento y reúnen los datos, garantías y respaldos en una misma categoría.

Kelly y Takao (2002) desarrollaron un marco analítico para analizar argumentos más largos y complejos presentados por estudiantes de un curso de oceanografía en forma de artículos. Proponen seis niveles epistémicos y estudian cómo las relaciones entre proposiciones de diferentes niveles establecen argumentos más persuasivos. El primer nivel corresponde a una referencia directa a datos; el segundo a la identificación y descripción de situaciones; el tercero a la relación de temáticas; el cuarto a la utilización de teorías o modelos en general; el quinto al uso de aspectos teóricos más particulares; y el sexto a proposiciones generales que incluyen referencia a material científico.

Lawson (2003) recomienda a los educadores de la ciencia orientar sus esfuerzos en ayudar a los estudiantes para que aprendan a generar el tipo de argumentos que son usados y valorados por los científicos, en lugar de enfocarse en la estructura general del argumento. Este proceso requiere la generación de argumentos que no solo presenten una explicación que pueda ser correcta sino que ofrezca pruebas basadas en el análisis de evidencias. Lawson describe este argumento como de tipo hipotético-predictivo. Según él, este tipo de argumento que evalúa la validez de explicaciones alternativas basada en un razonamiento hipotético-predictivo es más convincente que los argumentos que dependen de evidencia, garantías y respaldos ya que puede ofrecer pruebas para una explicación y al mismo tiempo contra otra. En la Figura 5 se presenta un esquema con los elementos del argumento hipotético-predictivo propuestos por Lawson. El proceso comienza con una observación que provoca una pregunta causal y la generación de una o más explicaciones. Estas explicaciones deben ser probadas para establecer su validez. Para ello se asume inicialmente que la explicación es correcta y se imagina una prueba que con la explicación debe producir uno o más resultados específicos observables. Las palabras “Si/y/Entonces” se utilizan como conectores de la explicación, la prueba y los resultados predichos. Una vez la prueba es planeada y realizada, los resultados observables constituyen la evidencia que luego es comparada con las predicciones. La coincidencia o no de la evidencia y las predicciones llevará a una conclusión con respecto a la validez de la explicación. Lawson afirma que la evaluación de la calidad global de este tipo de argumento debe enfocarse hacia la validez predictiva más que en la presencia y la fuerza de las garantías que contiene, lo cual corresponde según él con el criterio utilizado por los científicos para evaluar los argumentos generados por la comunidad científica.

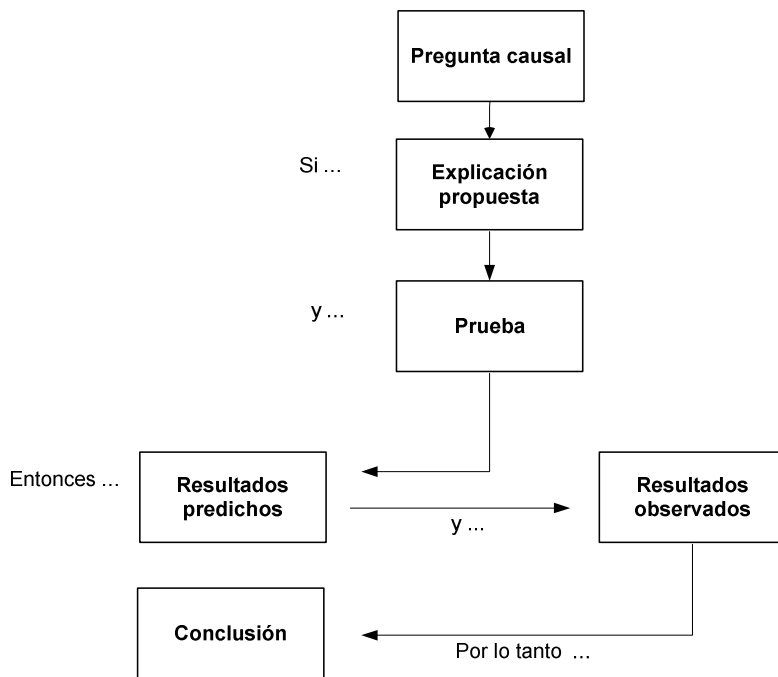


Figura 5. Elementos de un argumento hipotético-predictivo (Lawson, 2003)

Sandoval (2003) y Sandoval y Millwood (2005) proponen evaluar los argumentos de los estudiantes en términos de un criterio que debe reflejar los aspectos epistemológicos establecidos y compartidos por los individuos que participan en una disciplina particular, como por ejemplo los tipos de preguntas y de respuestas y los métodos aceptables para tratarlas. El marco analítico evalúa la calidad conceptual y la calidad epistemológica de los argumentos. Para la primera se mide a) qué tan bien los estudiantes articulan las proposiciones causales dentro del dominio teórico específico de la disciplina y b) cómo respaldan estas proposiciones con datos disponibles. Para la segunda, se examina: a) si los estudiantes usan suficientes datos para respaldar la proposición, b) si ofrecen una explicación causal coherente para el fenómeno, y c) si incorporan referencias que respaldan la precisión de la explicación.

### *Otros marcos analíticos*

Además de los marcos analíticos presentados por Sampson y Clark (2008b) se han utilizado otros esquemas para el análisis argumentativo en la educación en ciencias.

Walton et al. (2010) presentan un compendio de 50 esquemas de argumentación. Estos esquemas son formas de argumentos que representan estructuras de tipos comunes de argumentos usados en el discurso cotidiano así como en contextos especializados como en la argumentación de tipo legal o en la científica. En el proyecto *SEPIA (Science Education through Portfolio Instruction and Assessment)*, Duschl et al. (Duschl, 2008b) consideraron apropiado utilizar 9 de los esquemas de razonamiento presuntivo de Walton:

1) Argumento de indicio: en el que referencias a sentencias habladas o escritas son usadas para inferir la existencia de una propiedad o evento;

2) Argumento de compromiso: sugiere que debe tomarse una acción (A reclama que B sea, o debe ser, comprometido con una posición particular en un asunto, y luego reclama que B debe también estar comprometido con una acción);

3) Argumento de posición para conocer: no hay información suficiente para hacer un juicio (involucra el requerimiento de más información, A tiene razón para presumir que B tiene conocimiento de, o acceso a, información que A no tiene);

4) Argumento de opinión experta: referencia a una fuente experta (una persona, un texto, un consenso de grupo, etc.) externa a la información dada que soporta una inferencia personal o un punto de vista;



5) Argumento de evidencia de hipótesis: referencia premisas seguidas de una conclusión. Incluye una hipótesis –una conjetura o una predicción generalizable capaz de ser probada-;

6) Argumento de correlación causal: infiere una conexión causal entre dos eventos. Caracterizada por un salto inferencial, basado en una ley natural, pero desprovisto de cualquier referencia a una evidencia observacional;

7) Argumento de causa-efecto, referencia premisas que están enlazadas a un efecto no controvertido, donde el efecto es un resultado observable que no necesita pruebas;

8) Argumento de consecuencias: razonamiento práctico en el que una política o acción es soportada/rechazada sobre la base de que las consecuencias serán buenas/malas (una declaración acerca del valor de la conclusión sin ninguna preocupación expresa por las propiedades ni los eventos que comprende el argumento completo); y

9) Argumento de analogía: usado para demostrar que un caso que se dice es similar a otro.

Según Duschl (2008b) tales esquemas se acomodaron bastante bien a la estructura y las razones secuenciales de los estudiantes aunque debido a ciertas dificultades en la clasificación se optó por reunir los 9 esquemas en 4 categorías:

1) argumentos de solicitud de información, que reunió argumentos de indicio, de compromiso y de posición para conocer;

2) argumento de opinión de experto;

3) Argumentos de inferencia, que reunió argumentos de evidencia de hipótesis, de correlación causal, de causa-efecto y de consecuencias; y

#### 4) Argumento de analogía.

El uso que hace Duschl de los esquemas presuntivos de Walton representa un puente, una conexión, entre la pragmática y la argumentación en la educación en ciencias. Esa misma conexión a la que pretendíamos referirnos al comienzo de este capítulo cuando nos preguntábamos por cómo relacionar el lenguaje cotidiano con el lenguaje de la ciencia. Sin embargo en este trabajo decidimos utilizar otra propuesta para el análisis de la argumentación, se trató de la teoría Pragma-dialéctica, que consideramos de una alta pertinencia para las condiciones que establecimos en el aula.

Sobre la Pragma-dialéctica dedicaremos el capítulo 3. Van Eemeren et al. (2000) presentan en la teoría Pragma-dialéctica el argumento como una clase de interacción que surge en el contexto de otras clases de interacciones, cuando algo que se ha dicho, sugerido o transmitido, demuestra que no existe la misma opinión entre las partes. Desde este enfoque, la argumentación surge con la finalidad de enfrentar e intentar resolver una diferencia de opinión por medio de la exploración de la justificación relativa de los puntos de vista que se presentan. La teoría Pragma-dialéctica brinda un modelo de discurso argumentativo, no en términos de forma y contenido sino en términos de procedimientos de discusión. (Van Eemeren et al., 2000)

#### **2.3.2 Evaluación de la argumentación en el aula. Propuesta del protocolo ASAC**

Para entender el proceso argumentativo que ocurre en el aula y valorar su calidad, los instrumentos utilizados han de medir además de la coherencia, estructura y contenido del argumento, las interacciones dialógicas que ocurren también entre los estudiantes (Enderle et al., 2010).

Con base en los tres espacios que Duschl (2008a) reconoce como esenciales para la incorporación y valoración del aprendizaje de la ciencia en los contextos educativos, esto es, el conceptual-cognitivo, el epistémico y el social, Enderle et al. (2010) han propuesto un protocolo de observación para ser utilizado por investigadores y profesores. El protocolo *Assesment of Scientific Argumentation in the Classroom* (ASAC) fue diseñado con el fin de valorar la calidad del proceso de argumentación desarrollado en el aula de ciencias, teniendo en cuenta que para el desarrollo de este proceso discursivo es necesario contar con un marco de referencia del ejercicio argumentativo que permita principalmente al docente saber cómo conducir el proceso y cómo evaluarlo. En su más reciente artículo, Sampson et al. (2012)<sup>2</sup> detallan el desarrollo y la validación del protocolo ASAC. El método utilizado comenzó con la investigación de la literatura pertinente para la definición de la construcción que sería evaluada, continuando con la selección del grupo de ítems, su refinamiento y selección definitiva con base en la revisión de expertos para su validación. Para este proceso siguieron 7 pasos con base en los lineamientos de *Standards for Educational and Psychological Testing* (definidos por *American Educational Research Association*, *American Psychological Association* y *National Council on Measurement in Education*, 1999). Estos pasos fueron:

1) *Definición del constructo a ser medido*. Una definición clara del constructo que una evaluación intenta medir es necesaria para guiar el desarrollo del instrumento y para evaluar la validez del contenido de este y determinar qué tan bien mide el constructo de interés. Sampson et al. (2012) adoptaron una visión de la argumentación como proceso, donde

---

<sup>2</sup> El primer artículo sobre el protocolo ASAC fue presentado por Enderle et al. (2010) y posteriormente fue publicado por Sampson et al. (2012)

“diferentes perspectivas están siendo examinadas y el propósito es llegar a un acuerdo con proposiciones aceptables”. Esta visión de la argumentación privilegia la colaboración sobre la competición y sugiere que las actividades que promueven la argumentación pueden proporcionar un contexto donde los individuos utilizan las ideas de los otros para construir y negociar un entendimiento compartido de un fenómeno particular a la luz de experiencias pasadas y de nueva información. En otras palabras, que la argumentación es un proceso social y colaborativo en el que grupos de individuos se involucran para resolver problemas y avanzar en el conocimiento. Se destaca también que el proceso envuelto en la argumentación ha sido un fenómeno menos investigado que el argumento, es decir el producto de tal actividad, el cual ha recibido mayor atención. De acuerdo con esta perspectiva teórica Sampson et al. (2012) eligen definir el constructo de la argumentación científica como un proceso social y colaborativo de proposición, soporte, evaluación y refinamiento de ideas en un esfuerzo por dar sentido a un problema complejo o confuso o para avanzar en el conocimiento de una manera que es consecuente con las estructuras conceptuales, los procesos cognitivos, los compromisos epistemológicos y las normas sociales de la ciencia.

2) *Desarrollo de las especificaciones del instrumento.* La finalidad en este paso fue asegurar que el instrumento mediría cada aspecto del objetivo del constructo definido por el marco teórico. Para cumplir esto, decidieron enfocarse en tres aspectos de la argumentación científica, que según Duschl (2008a) los estudiantes necesitan desarrollar para poder participar en esta práctica compleja. Primero, un individuo debe poder utilizar estructuras conceptuales valiosas (por ejemplo, teorías científicas, modelos, y leyes o conceptos unificados) y procesos cognitivos valorados en ciencias al tratar un tema o un asunto. Segundo, un individuo debe

conocer y usar los marcos epistémicos que caracterizan a la ciencia para desarrollar y evaluar proposiciones. Tercero, los individuos que pueden involucrarse en la argumentación científica deben entender y ser capaces de participar en el proceso social que modela cómo el conocimiento es comunicado, representado, defendido y debatido en la comunidad científica. De aquí Sampson et al. (2012) decidieron desarrollar un protocolo que fue dividido en cuatro secciones para representar cada uno de estos aspectos, con el objetivo de evaluar un episodio de la argumentación científica (conceptual, cognitivo, epistémico y social). En este paso decidieron incluir ítems en el protocolo que fueran observables durante el episodio de argumentación independiente del contexto o tema de discusión y definieron para su evaluación una escala de cuatro valores.

3) *Desarrollo del grupo inicial de ítems.* Sampson et al. (2012) generaron un grupo inicial de 29 ítems con base en la literatura sobre argumentación. Cada ítem se refería a un elemento crítico de un aspecto de la argumentación científica acompañado de una descripción detallada del mismo. Para la denominación de cada ítem se trató de evitar la ambigüedad a fin de reducir el error que esta pudiera ocasionar. Se incluyó una escala Likert con rangos de 0 a 3 para calificar cada elemento según la presencia o prevalencia de las acciones observables descritas en la denominación (0 - no ocurre-, 1 - ocurre una o dos veces-, 2 - ocurre pocas veces-, 3 - ocurre con frecuencia-). Algunos ítems hacían referencia a acciones indeseables para la calidad de la argumentación y en tal caso la escala de calificación se invertía.

4) *Revisión inicial del grupo de ítems por expertos.* En este paso se llevó a cabo la evaluación del contenido y la validez del grupo inicial de ítems. Para ello se utilizó una encuesta en línea (*on line*) que fue enviada a un grupo de expertos. De acuerdo con la literatura relevante y sus

contribuciones en la investigación en argumentación, 18 expertos fueron identificados para recibir la encuesta. A estos fue enviado un mensaje de correo electrónico con la explicación del objetivo del proyecto, la solicitud de su colaboración y el enlace a la encuesta. Se pidió a los encuestados que calificaran en una escala de 1 a 5 (5 la más alta calificación) cómo consideraban la importancia del aspecto de cada ítem en la argumentación y si debía hacer parte del protocolo. También se les preguntó a los encuestados si la descripción de cada ítem era apropiada y se solicitó que sugirieran formas para mejorarla. La encuesta en línea permaneció activa durante dos meses. En total se recibieron 8 encuestas bien elaboradas con las cuales se procedió a hacer los ajustes al protocolo y al grupo inicial de ítems. Los ítems que recibieron una calificación de 4 o 5 fueron conservados, los que recibieron calificación de 3 o 4 fueron revisados o combinados con otros ítems de acuerdo con los comentarios recibidos, y los ítems que estuvieron en un rango de 1 a 3 fueron descartados. Este proceso culminó con la eliminación de 8 ítems de la colección inicial.

5) *Primer ensayo de campo del instrumento.* En esta etapa los investigadores (Sampson et al., 2012) hicieron la prueba del instrumento usando el protocolo para evaluar la calidad de varios episodios de argumentación de los cuales se tenía registro en video. El objetivo en esta etapa fue asegurar que el evaluador pudiera observar en el episodio el elemento de argumentación descrito en el ítem y que la descripción de los ítems tuviera la claridad suficiente para tener calificaciones confiables de múltiples usuarios evaluadores. Para cumplir con este propósito los investigadores revisaron varios videos de estudiantes involucrados en un ejercicio diseñado para promover la argumentación científica. Los estudiantes fueron organizados en pequeños grupos colaborativos de tres participantes. Los autores de esta investigación observaron los videos

junto con otro evaluador sin discutir los resultados de cada ítem hasta tanto el video del episodio hubiera terminado y cada evaluador hubiera completado el protocolo. Los resultados del puntaje de cada ítem fueron luego comparados y cuando aparecían diferencias significativas entre ellos, el ítem y su descripción fueron discutidos, evaluados y modificados con el fin de reducir la ambigüedad. Este proceso llevó a numerosos refinamientos de la denominación de los ítems y de su descripción. Otro objetivo adicional en esta etapa fue la de identificar y retirar algún ítem del protocolo cuyo aspecto de la argumentación fuera muy difícil de observar o evaluar. Al final de esta etapa del proyecto, el protocolo se redujo a un total de 20 ítems.

6) *Segunda revisión de ítems por los expertos.* El protocolo de observación fue enviado al mismo grupo de expertos inicial para mayores comentarios y para evaluar la validez de los ítems revisados. Las opiniones de los revisores fueron consideradas de manera crítica para hacer los ajustes al texto de los ítems con especial atención a la descripción de cada denominación así como a la inclusión de cada ítem en cada una de las cuatro categorías utilizada para construir el protocolo. Se recibieron 7 respuestas del panel de expertos con las cuales los autores hicieron varios ajustes adicionales. Uno de los ítems fue borrado del protocolo debido a su naturaleza repetida según los revisores y acordado con los autores. Otro ítem fue considerado también por los revisores muy similar a otro y los autores decidieron reunir los dos en uno solo. Otro cambio estructural sugerido por los revisores y acordado con los autores fue la de combinar dos de las categorías (conceptual y cognitiva) y sus ítems en un solo grupo más cohesivo. El resultado fue un instrumento con 19 ítems dividido en tres categorías de los aspectos conceptual-cognitivo, epistémico y social de la argumentación científica. La Tabla 24 presenta la lista de los ítems

definitivos del protocolo y sus respectivas fundamentaciones teóricas y empíricas. En la Tabla 25 se puede observar las calificaciones de los expertos para cada ítem.

7. a) *Análisis de la confiabilidad del instrumento entre evaluadores.* En este punto la atención de los autores se dirigió a la validación inicial. Los autores utilizaron la versión final del protocolo de la etapa 5 para calificar 20 diferentes videos de estudiantes involucrados en un episodio de argumentación científica durante una sesión real. Esta sesión fue diseñada para darle a pequeños grupos de estudiantes la oportunidad de proponer, defender, criticar y revisar evidencia basada en argumentación ya fuera utilizando datos recogidos por ellos mismos a través de un método de su propio diseño o de un corpus de datos que les fue proporcionado. Dos de los autores hicieron de calificadores de los 20 episodios de argumentación. Los calificadores vieron los videos al mismo tiempo y registraron sus anotaciones en la tabla del protocolo ASAC. Luego de completar un video, cada calificador asignaba un puntaje a cada ítem registrando algunas de las observaciones que justificaban su decisión. Una vez los evaluadores habían completado el protocolo de forma individual, comparaban los puntajes de cada ítem con el fin de evaluar la confiabilidad entre múltiples evaluadores para el protocolo de observación ASAC. Los resultados estadísticos de los análisis indicaron una correlación alta entre los puntajes de los dos evaluadores  $r(20) = 0.99$ ,  $p < 0.001$  con un coeficiente  $R^2 = 0.97$ , un valor alto para un protocolo de observación<sup>3</sup>.

7. b) *Análisis de validez relacionada con el criterio del instrumento.* Para evaluar la validez del ASAC en cuanto a su capacidad para ofrecer un

---

<sup>3</sup> El número entre paréntesis se refiere al tamaño de la muestra,  $r$  es el coeficiente de correlación del ajuste y  $p$  es el valor de probabilidad de la prueba o significancia. Para  $p < 0.001$  indica una confiabilidad del 99 %.  $R^2$  es el coeficiente de determinación del ajuste.



puntaje similar a otros instrumentos que han sido utilizados para evaluar el mismo constructo, los autores utilizaron como marco de referencia el TAP (Toulmin Argument Pattern) para calificar un subgrupo de 12 videos del análisis de confiabilidad entre evaluadores (Figura 51). Los resultados estadísticos de los análisis indicaron una correlación alta entre los puntajes de los dos grupos  $r(12) = 0.96$ ,  $p < 0.001$ .

De esta manera la propuesta final del protocolo quedó con 19 ítems distribuidos según los tres aspectos así:

i) Para el aspecto conceptual y cognitivo se incluyen 7 ítems por medio de los cuales se evalúa 1) el enfoque de la conversación de los participantes sobre la generación o validación de las declaraciones o explicaciones, 2) si los participantes usan explicaciones o declaraciones alternativas, 3) la respuesta de los participantes cuando notan inconsistencia o descubren información anómala, 4) que tan escépticos son los participantes frente a las ideas, 5) la habilidad de los participantes para presentar razones que soporten o refuten una idea, 6) si los participantes basan sus decisiones en razonamientos inapropiados, y 7) si los participantes procuran evaluar los méritos de cada explicación alternativa de una manera sistemática.

ii) Para el aspecto epistémico de la argumentación son considerados también 7 ítems: 1) si los participantes utilizan herramientas retóricas para manipular a otros en la aceptación o rechazo de una declaración, 2) si los participantes usan evidencia para apoyar y confrontar las ideas, 3) si examinan la relevancia, coherencia y suficiencia de la evidencia, 4) cómo evalúan la interpretación de los datos disponibles o el método utilizado para recoger los datos, 5) cómo emplean los participantes teorías, leyes y modelos, 6) cómo distinguen los participantes entre inferencias y

observaciones, y 7) cómo usan el lenguaje de la ciencia para comunicar sus ideas.

iii) Finalmente, los aspectos sociales de la argumentación son revisados mediante 5 ítems para evaluar las interacciones de los participantes: 1) cómo los participantes reflexionan acerca de lo que ellos saben y cómo lo saben, 2) si mantienen un respeto por lo que los otros dicen, 3) su disposición para discutir ideas introducidas en la conversación, 4) su disposición para solicitar o criticar ideas de los otros, y 5) si los participantes agregan comentarios o preguntan a los otros para aclarar o elaborar sus propios comentarios.

Cada ítem se evalúa en el protocolo en una escala tipo Likert según la frecuencia del evento con 0 (cero) si no ocurre, 1 (uno) si ocurre una o dos veces, 2 (dos) si ocurre varias veces y 3 (tres) si ocurre con frecuencia. En el Anexo 1 se presenta el formulario original del protocolo ASAC. Dado que los 19 ítems serán considerados en esta investigación para la marcación del discurso de aula, la descripción detallada se presenta a continuación. Esta descripción será la orientación para la identificación de los elementos en el corpus discursivo.

#### *Aspectos conceptuales y cognitivos de la argumentación científica.*

Cómo el grupo intenta negociar significados o desarrollar un mejor entendimiento.

1. La conversación se centra en la generación o validación de declaraciones o explicaciones. El énfasis en la generación o validación de declaraciones o explicaciones indica que hay algunas declaraciones o explicaciones significativas en el corazón de la discusión. Grupos con alta calificación en este ítem mantienen la orientación de su conversación y sus esfuerzos por entender y resolver el problema, en lugar de terminar su

trabajo rápido o con el mínimo esfuerzo. Nota: los grupos que se mantienen en un tema pero nunca se involucran en una discusión profunda sobre lo que sucede deberían calificarse bajo en este ítem.

2. Los participantes buscan y discuten declaraciones o explicaciones alternativas. El pensamiento divergente es una parte importante de la argumentación científica. Un grupo que reúne este criterio hablaría con más de una declaración, explicación o solución. Las personas que valoran modos alternativos de pensamiento respetan y solicitan activamente de los demás participantes nuevas o alternativas declaraciones, explicaciones o soluciones. Nota: grupos que discuten múltiples tipos de fundamentaciones o soportes para una declaración, explicación o solución pero solo para una declaración, explicación o solución, deben calificarse con un bajo puntaje en este ítem.

3. Los participantes modifican sus declaraciones explicativas cuando notan información inconsistente o descubren información anómala. Las inconsistencias entre declaraciones o explicaciones y el fenómeno bajo investigación son comunes en ciencia. Un grupo que modifica sus declaraciones o explicaciones cuando notan inconsistencias o anomalías, no ignoraría “cosas que no encajan” o llegaría a descartarlas cuando han sido notadas por alguno de los participantes. Un grupo de alta calificación en este ítem trata de modificar sus declaraciones o explicaciones (no solo sus razones) a fin de tener en cuenta una inconsistencia o anomalía en lugar de intentar “dejar la explicación a un lado” o simplemente decidir que algo “no importa”.

4. Los participantes son escépticos a las ideas o la información. Durante la argumentación científica se permite que se presenten variedad de ideas, el que ocurra el reto y la aclaración indica que los miembros del grupo son

escépticos. Aceptar las ideas que no son acompañadas de razones resultaría en una baja calificación porque es una señal de pensamiento crédulo. En otras palabras, los estudiantes deben estar dispuestos a preguntas “¿cómo lo sabes?” o “¿estás seguro? Grupos que responden a las ideas de los otros con comentarios como “bien”, “suena bien para mí”, o “lo que pienses está bien”, se calificaría bajo en este ítem.

5. Los participantes presentan razones cuando apoyan o refutan una idea. Presentar razones para apoyar o refutar una declaración, conclusión o explicación es una característica crucial de la argumentación. Las declaraciones deben tener algún soporte más allá de reafirmarse a sí mismas. Presentar declaraciones sin ninguna razón de soporte resultaría en una baja calificación de este ítem, mientras que incluir una razón como “eso es lo que pienso”, “eso no tiene sentido”, “los datos sugieren...” o “pero eso no encaja con...”, resultaría en una alta calificación. Nota: experiencias personales o del pasado cuentan como razones para este ítem.

6. Los participantes basan sus decisiones o ideas en estrategias de razonamientos inapropiadas. Cuando las personas tratan de soportar las ideas con frecuencia sucede que: a) saltan a generalizaciones apresuradas, b) atribuyen causalidad a eventos aleatorios, c) insisten en que la correlación es evidencia de causalidad, y d) ofrecen una confirmación sesgada (por ejemplo diciendo, “ahora necesitamos algunos datos para probarlo”). Grupos que evitan estrategias de razones inapropiadas o las reconocen cuando ocurren se calificarían alto en este ítem. Grupos donde este tipo de estrategias de razonamiento son comunes se calificarían bajo en este ítem.

7. Los participantes intentan evaluar los méritos de cada explicación alternativa o declaración de una manera sistemática. Esto se dirige a la naturaleza tentativa o sensible de la ciencia. A la idea de que es frecuente

más de una vía para interpretar datos o evidencias y que solo a través de un análisis cuidadoso puede ser una idea aceptada o eliminada. Esto es “interiorizar”. Las conclusiones no deben basarse en opiniones o inferencias.

*Aspectos epistémicos de la argumentación científica.*

Qué tan consistente es el proceso con la cultura y las normas de la ciencia.

8. Los participantes se amparan en “herramientas de la retórica” para apoyar o refutar las ideas. “Herramientas de la retórica” se refiere a trucos o estrategias utilizadas para ganar un debate. Estas herramientas incluyen: a) considerar que si ninguno puede desaprobado una declaración entonces debe ser verdadera, b) utilizar palabras emotivas y falsas analogías, c) dirigir el foco de la discusión de pensar en la declaración o explicación a pensar en la persona que sostiene o propone la declaración o explicación, d) sobrestimar la autoridad, e) oponer asuntos de manera que si usted desacredita una posición, el observador se ve forzado a aceptar el otro punto de vista, y f) hacer declaraciones que son simples repeticiones de una de las premisas. Grupos que evitan utilizar las herramientas retóricas se calificarán alto en este ítem. Nota: este ítem se enfoca sobre cómo se presenta el contenido de una discusión (es decir, cómo es dicho) y no el contenido de la discusión (es decir, qué están diciendo).

9. Los participantes usan evidencia para apoyar o refutar ideas o para darle sentido al fenómeno que se investiga. Un objetivo de la argumentación científica es el uso de datos como evidencia para defender una declaración, conclusión o explicación. Este ítem implica que los estudiantes atiendan el uso de evidencia en sus argumentos. Esto debe ser más que una opinión; deben incluir datos. Afirmaciones como “eso es lo

que pienso” o “eso no tiene sentido” resultaría en una baja calificación. Afirmaciones como “los datos que encontramos sugieren que...” o “nuestra evidencia indica...” resultaría en una alta calificación.

10. Los participantes examinan la relevancia, coherencia y suficiencia de la evidencia. Este ítem llama la atención a la cantidad y tipo de evidencia utilizada para apoyar una declaración o explicación. Grupos que intentan: a) determinar el valor de una pieza de evidencia (por ejemplo, “¿es eso importante?), b) buscar enlaces o relaciones entre múltiples piezas de evidencia (por ejemplo, “esto explica a X y Y pero esto solamente a X), o c) determinar si hay suficiente evidencia para soportar una idea (por ejemplo, “no tenemos ninguna evidencia para demostrar eso”) serían calificados alto en este ítem.

11. Los participantes evalúan cómo son interpretados los datos disponibles o los métodos utilizados para la obtención de los datos. La evidencia entregada en una declaración o explicación debe ser evaluada con base en qué tan bien los datos fueron obtenidos e interpretados. Preguntas como “¿por qué se incluye esa evidencia?” o “¿cómo se recogieron los datos?” indican que los participantes están evaluando los métodos o la interpretación de los datos y resultaría en una alta calificación.

12. Los participantes usan teorías científicas, leyes, o modelos para defender o refutar ideas o para ayudar a darle sentido al fenómeno que se investiga. La ciencia está cargada de teoría. En otras palabras, los científicos se basan en ideas generales organizadas y bien soportadas para enmarcar sus argumentos y declaraciones. Los estudiantes deben también emplear estas ideas paradigmáticas para proveer garantías a la evidencia y declaraciones que hacen, o para refutar otras declaraciones. Referencias explícitas a estas “grandes ideas” resultará en una alta calificación para este ítem.

13. Los participantes hacen distinciones y conexiones entre inferencias y observaciones explícitas a otros. La estructura de los argumentos científicos incluye evidencia que involucra ambos aspectos empíricos (como las mediciones cuantitativas y las observaciones sistemáticas) e inferenciales (teniendo en cuenta las tendencias y las conexiones lógicas entre las observaciones). Hacer estas distinciones y sus conexiones explícitas a otros, mejora la calidad de la argumentación y resulta en una alta calificación.

14. Los participantes usan el lenguaje de la ciencia para comunicar las ideas. Este ítem hace hincapié en la importancia del uso correcto del lenguaje científico por los estudiantes. La adopción y el uso apropiado de términos (por ejemplo, condensación, fuerza, etc.), frases (por ejemplo, “soporta” en lugar de “prueba”) o formas de describir la información, es una característica de la argumentación que es científica. Nota: Las ideas pueden ser explicadas antes de ser etiquetadas con la terminología correcta.

*Aspectos sociales de la argumentación científica.*

Cómo los participantes interactúan entre sí.

15. Los participantes son reflexivos acerca de lo que ellos saben y cómo lo saben. Es importante para los miembros del grupo estar de acuerdo en lo que ellos saben y ser específicos acerca de cómo lo saben. Afirmaciones como, “¿estamos de acuerdo?” o “¿hay algo más que debemos resolver?” o “¿podemos estar seguros?” indican que los participantes están siguiendo su progreso y tienen un objetivo final en mente.

16. Los participantes respetan lo que cada uno tiene que decir. Respetar lo que otros tienen que decir es más que escuchar con cortesía o dar un

acuerdo tácito. Respetar también indica que lo que otros tienen que decir es realmente oído y considerado (por ejemplo, “es un buen punto”, “es una idea interesante”, o “no había pensado en eso”). El grupo que recibe una alta calificación en este ítem permite a cada uno que presente sus ideas y exprese sus opiniones sin censura o burlas.

17. Los participantes discuten una idea cuando esta es introducida en la conversación. Para ser un miembro participativo y contribuyente, es importante sentirse valorado. Las ideas y opiniones necesitan ser reconocidas críticamente. Esto significa que son consideradas y que tienen un peso dado en el grupo. Grupos que ignoran ideas propuestas (resulta en la misma idea que es mencionada una y otra vez) tendría una baja calificación en este ítem.

18. Los participantes alientan o invitan a otros a compartir o criticar ideas. La buena argumentación viene de considerar y comparar ideas competidoras de múltiples individuos para construir la explicación más robusta del fenómeno que se estudia. Grupos de individuos que invitan a otros a compartir (por ejemplo, “¿qué piensan ustedes?”), criticar (por ejemplo, “¿están de acuerdo?” o “está bien si están en desacuerdo conmigo”), o discutir una idea (por ejemplo, “hablemos de esto un poco más”) serían calificados más alto que un grupo con un líder desalentador que domina la conversación y el trabajo del grupo.

19. Los participantes reafirman o agregan comentarios y preguntan a los demás para clarificar o elaborar sus comentarios. La profundidad de la discusión será mejorada si no se hacen juicios implícitos o suposiciones acerca de las ideas o puntos de vista de otra persona, y eso demuestra que sus puntos de vista son valorados y se fomenta la discusión. La comunicación ofrece a los estudiantes oportunidades para identificar las fortalezas y debilidades de su comprensión.



La Tabla 1 reúne las tres categorías, el número que identifica al ítem que agrupa cada una de ellas según el protocolo ASAC y en frente de cada uno, la denominación que recibió como elemento marcador del discurso.

Tabla 1. Categorías de análisis y elementos del proceso argumentativo

Categoría de análisis	Elemento evaluativo utilizado en el protocolo ASAC	Elemento identificador para el análisis del discurso en el aula
Conceptual-cognitiva	1	Declaración de explicación
	2	Declaración alternativa
	3	Declaración de reclamación de inconsistencia
	4	Declaración de reclamación de incredulidad
	5	Declaración de soporte
	6	Declaración de soporte inapropiada
	7	Declaración de validación
Epistémica	8	Declaración retórica
	9	Declaración de evidencia
	10	Declaración de examinación de evidencia
	11	Declaración de evaluación de datos
	12	Declaración que usa teorías, leyes o modelos
	13	Declaración de distinción o conexión
	14	Declaración en el lenguaje de la ciencia
Social	15	Declaración de autorreflexión
	16	Declaración de respeto y consideración
	17	Declaración de reconocimiento de ideas
	18	Declaración de invitación a participar
	19	Declaración de refuerzo comunicativo

### **3 La argumentación en la discusión crítica (la Pragma-dialéctica)**

Van Eemeren y Grootendorst proponen que el discurso argumentativo debería ser estudiado como una instancia de la comunicación y de las interacciones verbales normales y al mismo tiempo que debería ser evaluado en relación con cierto estándar de razonabilidad. Y si se considera a la pragmática como el estudio del uso del lenguaje, se ha de reconocer la convergencia de la idealización normativa y de la descripción empírica, al concebir el estudio de la argumentación como parte de una “pragmática normativa”. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

#### **3.1 Los componentes de un programa de investigación integrador**

Van Eemeren y Grootendorst (2006) proponen una perspectiva sobre el discurso argumentativo que supere las limitaciones del enfoque exclusivamente normativo, ejemplificado por la lógica moderna, como también las limitaciones del enfoque exclusivamente descriptivo, ejemplificado por la lingüística contemporánea. Resulta de allí un programa de investigación integrador que crea una línea de comunicación entre lo normativo y lo descriptivo. Este programa incluye *un componente filosófico, uno teórico, uno analítico, uno empírico y uno práctico* (Tabla 2). “Se necesita, por una parte, un ideal filosófico de razonabilidad y a partir de este ideal se debe desarrollar un modelo teórico de argumentación aceptable. Por otra parte, es preciso investigar la realidad argumentativa



empíricamente y determinar dónde ocurren los problemas en la práctica. Luego, las dimensiones normativa y descriptiva deben unirse sistemáticamente mediante el desarrollo de instrumentos analíticos que hagan posible mirar la realidad argumentativa a la luz del ideal de razonabilidad elegido”. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

En el nivel *filosófico* está en juego la pregunta por la relación entre la argumentación y la razonabilidad. Las concepciones de razonabilidad defendidas por los estudiosos de la argumentación llegan a ser incluso divergentes desde la partida, surgiendo concepciones bastante diferentes acerca de lo que debe considerarse un argumento aceptable. Con esto en cuenta, van Eemeren y Grootendorst (2006) diferencian el programa de investigación de una versión retórica y el de una dialéctica (Tabla 2). La versión retórica favorecería una *concepción filosófica antropológica* por la cual la razonabilidad se acoge a los estándares prevalentes en una comunidad determinada y la aceptabilidad de un argumento se sujeta a la aprobación de la audiencia. Un ideal de razonabilidad ligado a un grupo particular, en un determinado lugar y tiempo, se puede caracterizar como de un *enfoque antro-po-relativista*. La versión dialéctica se acoge en cambio a la *concepción de una perspectiva crítica*, en la cual la razonabilidad no solo está determinada por la norma del acuerdo intersubjetivo, sino que depende también de la norma externa de que este acuerdo debe ser alcanzado de una manera válida. Considera que toda argumentación es parte de una discusión crítica en la que los oponentes tratan de resolver una diferencia de opinión y por lo tanto se establece como criterio adicional de razonabilidad que el procedimiento argumentativo sea adecuado. Esta relación entre el ideal de razonabilidad y la conducción metódica de una discusión crítica se caracterizaría como de un *enfoque crítico-racionalista*.

Dado que en la retórica las técnicas de argumentación se piensan en términos del conocimiento y de las creencias de una cierta audiencia, quedando así ligada la aceptabilidad de la argumentación al trasfondo epistémico específico de la audiencia, el enfoque teórico puede ser llamado *epistémico-retórico*. En la dialéctica en cambio, cada argumento es parte de una discusión crítica y más bien se especifica qué pasos (*moves*) en las etapas de la discusión pueden contribuir a resolver una diferencia de opinión. Este enfoque, concebido como una interacción de actos de habla, puede ser llamado *pragma-dialéctico*. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

El análisis retórico hará énfasis en la efectividad de los modelos argumentativos sobre las personas que tienen que ser convencidas, y como tal será orientado a la *audiencia*. El análisis dialéctico hará énfasis en la función de la argumentación para conducir las diferencias de opinión a una resolución adecuada, orientándose a la *resolución*. Para determinar si la reconstrucción basada en un modelo teórico se justifica, es necesario comprender los detalles de la práctica argumentativa a partir de la investigación empírica, en la cual se describen los procesos de producción, identificación y evaluación de porciones del discurso así como los factores que influyen en sus resultados. En la perspectiva retórica, el énfasis estará puesto en explicar la efectividad que distintos modelos argumentativos han de tener para diferentes tipos de audiencia, de manera que el interés de la investigación empírica se centrará en los factores que afectan la *persuasividad* del discurso argumentativo. En la perspectiva dialéctica, el énfasis se dará en explicar la manera en que diversos pasos (*moves*) argumentativos contribuyen a resolver la diferencia de opinión, de manera que el interés se centra en los factores que afectan la *fuerza lógica* del discurso argumentativo. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

En lo que se refiere a la práctica, los estudiosos de la argumentación emplean sus intuiciones filosóficas, analíticas y empíricas para desarrollar métodos que mejoren la práctica argumentativa, examinando cómo es posible incrementar metódicamente las destrezas y habilidades de las personas tanto para producir discursos argumentativos como para analizarlos y evaluarlos. En el enfoque retórico los problemas prácticos se orientan a la *prescripción*, al proporcionar ejercicios pre-elaborados que enseñan cómo persuadir a una audiencia. En el enfoque dialéctico los problemas prácticos se orientan a la *reflexión*, al estimular un pensamiento independiente, una actitud orientada a la discusión, y promoviendo una mejor comprensión de los problemas involucrados en la producción, análisis y evaluación del discurso argumentativo.

Tabla 2. Componentes de un programa de investigación integrador (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

Componente	Versión retórica hipotética	Versión dialéctica
Filosófico	Filosofía antro-po-relativista	Filosofía crítico-racionalista
Teórico	Teoría epistémico-retórica	Teoría pragma-dialéctica
Analítico	Reconstrucción orientada a la audiencia	Reconstrucción orientada a la resolución
Empírico	Descripción centrada en la persuasividad	Descripción centrada en la fuerza lógica
Práctico	Práctica orientada a la prescripción	Práctica orientada a la reflexión

### 3.2 Los puntos de partida pragma-dialécticos

Van Eemeren y Grootendorst (2006) proponen un enfoque de la argumentación que combina sistemáticamente los aspectos descriptivos y

normativos. En su teoría pragma-dialéctica la argumentación se describe como un acto de habla complejo cuyo propósito es contribuir a la resolución de una diferencia de opinión o una disputa. El enfoque pragma-dialéctico pretende *externalizar, funcionalizar, socializar y dialectificar* el objeto de estudio de la argumentación. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

La *externalización* se logra a partir de lo que las personas han expresado, sea de manera explícita o implícita, en lugar de especular acerca de lo que piensan o creen. Al externalizar la argumentación mediante los actos de habla, se reciben las indicaciones de aquello a lo que el hablante o escritor se compromete evitándose el innecesario trabajo de adivinar sus motivaciones. En la medida en que mediante una adecuada reconstrucción los elementos implícitos puedan hacerse explícitos, pueden usarse para que todo aquello que crea un compromiso para los usuarios del lenguaje sea tomado en consideración. La *funcionalización* se logra tratando las porciones del discurso argumentativo como elementos que sirven para conducir eventos de habla reales, y no como inferencias lógicas aisladas. El papel preciso de ciertas expresiones verbales se puede reconocer solo si se las contempla como actos de habla que forman parte de un contexto donde ocurre el evento de habla. Incluso los actos de habla en los que no se extrae ninguna inferencia lógica pueden jugar un rol constitutivo, haciendo parte de una explicación o de cualquier acto de habla complejo, así no tengan la función de convencer a otro usuario del lenguaje. La *socialización* se logra considerando la argumentación como parte de un proceso interactivo entre dos o más usuarios del lenguaje. Y la *dialectificación* se alcanza tratando a la argumentación como un medio racional para convencer a un oponente crítico y no como una mera persuasión. La disputa debe ser resuelta mediante la superación metódica



de las dudas de un juez racional, en una discusión crítica bien reglamentada. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

### **3.3 La discusión crítica y los actos de habla**

En una *discusión crítica* el propósito es lograr acuerdos acerca de la aceptabilidad o inaceptabilidad de los puntos de vista en discusión utilizando la argumentación para explorar si pueden ser o no adecuadamente defendidos de la duda o de la crítica. En la *discusión crítica*, la disputa pasa por cuatro etapas o fases que tratándose de una disputa simple<sup>4</sup> pueden considerarse en el siguiente modelo ideal:

1. *Etapas de confrontación.* En la cual se establece que existe una disputa, cuando un punto de vista se presenta y es puesto en duda.

2. *Etapas de apertura.* Aquí se toma la decisión de intentar resolver la disputa mediante una discusión argumentativa reglamentada. Una parte toma el rol de protagonista, preparándose para defender su punto de vista y la otra toma el rol de antagonista, respondiendo para desafiar sistemáticamente al protagonista.

3. *Etapas de argumentación.* Considerada como la “verdadera” discusión, es la etapa en la que el protagonista defiende su punto de vista, mientras que el antagonista requiere de él más argumentación para resolver las dudas.

4. *Etapas de clausura.* Cuando se establece si la disputa ha sido o no resuelta, bien sea que el punto de vista o la duda han sido retirados. Es

---

<sup>4</sup> La forma más elemental o menos complicada de una disputa es la representada por una disputa simple que es a la vez única y no mixta. En una disputa única, el punto de vista cuestionado se relaciona con una sola proposición. En una disputa no mixta, se pone en cuestión solo un punto de vista positivo o negativo con respecto a una proposición. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

decir, que la disputa ha quedado resuelta en favor del protagonista o del antagonista.

Una vez resuelta la disputa, podrían los participantes dar comienzo a una nueva discusión, con una versión modificada de la misma disputa o bien con otra completamente diferente; podrían, en esta nueva discusión intercambiar roles. Así, la nueva discusión tiene que volver a comenzar desde la primera etapa. Solo en este modelo ideal de la *discusión crítica* se recorren completamente todas las etapas. El discurso argumentativo de la vida real se desviará siempre en algún grado de este modelo ideal. Sin embargo, todo discurso argumentativo que haya llevado a la resolución de una disputa, puede ser reconstruido como una discusión que contiene todas las etapas del modelo ideal, aunque algunas permanezcan implícitas. El modelo proporciona un instrumento heurístico útil para el análisis del discurso dialéctico del discurso argumentativo que permite precisar la función comunicacional de los actos de habla. También cumple el modelo una función crítica al permitir identificar cuáles actos de habla, y en qué etapas de la discusión, contribuyen a la resolución de la disputa, cuáles de los que son necesarios faltan en el discurso o cuáles de los que están presentes son superfluos o incluso inapropiados. (van Eemeren y Grootendorst, 2006)

Dicen van Eemeren y Grootendorst (2006) que tal vez lo más cerca que logramos aproximarnos al modelo ideal de una discusión crítica es en la discusiones científicas. Por esta razón en esta investigación se propuso analizar también el discurso del aula de ciencias desde esta perspectiva que propone la Pragma-dialéctica.



### **3.4 Las reglas de la Pragma-dialéctica**

La teoría pragma-dialéctica propone un modelo ideal donde las reglas de un discurso argumentativo razonable se especifican para la realización de actos de habla dentro de una discusión crítica orientada a la resolución de una disputa. Las reglas indican, para cada etapa de la discusión, cuándo los participantes que están intentando resolver una disputa tienen derecho, o incluso están obligados, a realizar un paso o movida (*move*) particular. La violación de una regla de la discusión constituye una amenaza para la resolución de la disputa cualquiera sea la parte que la cometa en cualquier etapa de la discusión. Estos pasos incorrectos o violaciones a las reglas se convierten en falacias.

La teoría pragma-dialéctica propone 10 reglas para la discusión crítica:

1. Regla de Libertad. Los participantes no deben impedirse unos a otros el presentar puntos de vista o el ponerlos en duda. Solo cuando una disputa ha sido expresada con completa claridad se hace posible intentar resolverla de manera sistemática. En lo ideal, la disputa debería aclararse en la etapa de confrontación, que en una discusión crítica precede al proceso de resolución. Promover la externalización de las disputas significa orientarse a la creación de un ambiente en el cual las personas se sientan con la confianza de presentar cualquier punto de vista que deseen así como de poner en duda cualquier punto de vista. Dado también que los argumentos ofrecidos para apoyar un punto de vista pueden ser considerados como puntos de vista subordinados, este punto de partida se aplica a la presentación de los argumentos y a la puesta en duda de ellos. La exigencia de libertad de expresión significa que no se pone restricción alguna y de ningún tipo a los puntos de vista o argumentos que pueden ser presentados o criticados, ni a las personas que los hacen. Los actos de

habla por medio de los cuales son expresados estos puntos de vista no han de consistir necesariamente afirmaciones sobre hechos, sino que pueden ser juicios de valor. Su contenido proposicional puede variar desde lo simple a lo muy complejo. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 126)

2. Regla de la carga de la prueba. Una parte que presenta un punto de vista está obligada a defenderlo si la otra parte le solicita hacerlo. Con el fin de resolver una disputa sobre un punto de vista, la persona que lo ha cuestionado ha de estar dispuesta a asumir el papel de antagonista en la discusión y la persona que lo ha presentado debe estar dispuesta a tomar el papel de protagonista defendiendo su punto de vista. La asignación de los roles de la discusión tiene lugar en la etapa de apertura, cuando las personas que participan determinan si existe suficiente puesta en común como para que valga la pena emprender un serio intento por resolver la disputa. De no ser así, no tiene sentido entrar en la etapa de argumentación. En este caso, no existe una verdadera discusión y la resolución de la disputa permanece como algo inalcanzable. En la práctica, por lo general se determina de manera tácita si se ha cumplido con esta condición para la discusión crítica. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 135)

3. Regla del punto de vista. El ataque de una parte en contra de un punto de vista debe referirse al punto de vista que realmente ha sido presentado por la otra parte. Una disputa sobre un punto de vista se resuelve si la persona que lo ha puesto en duda se da cuenta de que su duda es injustificada aceptando entonces el punto de vista, o si la persona que lo ha presentado reconoce que el punto de vista es insostenible y se retracta del mismo. Una manera efectiva de lograr que alguien abandone su punto de vista es mediante una disputa mixta probando el punto de vista opuesto. Como en este caso un ataque exitoso del punto de vista

original consiste en una defensa exitosa del punto de vista opuesto, se podría decir aquí que la defensa puede ser la mejor forma de ataque. En esta defensa, el antagonista del punto de vista original se convierte en el protagonista del punto de vista opuesto y viceversa, el protagonista original es ahora el antagonista. Por tanto, en este tipo de ataque contra un punto de vista, ambas partes juegan el papel de protagonista y antagonista. Si los puntos de vista opuestos se refieren a una y a la misma proposición, entonces se trata de una disputa única mixta. Aquí existe el peligro de que el antagonista original comience a atacar un punto de vista ligeramente diferente del que fue presentado por el protagonista original. Se produce así un cambio en la proposición con respecto a la cual una parte puede adoptar un punto de vista positivo y la otra negativo, convirtiendo la disputa en múltiple. Esto puede ocurrir en cualquier momento de la discusión. Si las partes caen en este tipo de malentendidos, puede resultar imposible resolver la disputa original. Es por tanto esencial que las proposiciones con respecto a las cuales se adoptan los puntos de vista sean las mismas para ambas partes y que no cambien desprevenida durante la discusión. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 143)

4. Regla de la Relevancia. Una parte solo puede defender su punto de vista presentando una argumentación que esté relacionada con ese punto de vista. La argumentación que se presenta en la etapa de argumentación de una discusión crítica está destinada a disipar todas las dudas relacionadas con la aceptabilidad del punto de vista que ha sido cuestionado. Esta regla puede ser violada de dos maneras. En primer lugar, si un punto de vista es defendido usando otros medios distintos a la argumentación. Y en segundo, si el punto de vista es defendido mediante una argumentación que no está relacionada con el punto de vista

presentado en la etapa de confrontación. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 151)

5. Regla de la premisa no expresada. Una parte no puede presentar algo falsamente como si fuera una premisa dejada implícita por la otra parte, ni puede negar una premisa que él mismo ha dejado implícita. La argumentación presentada por un protagonista para defender su punto de vista, en la etapa de argumentación, es definitiva para la resolución de la disputa. En general, la argumentación puede contener algunas premisas implícitas, además de las explícitas. Tales premisas establecen una conexión entre las premisas explícitas y el punto de vista que se está defendiendo. El que se usen premisas implícitas no significa por sí mismo que se quiera mantener algo oculto o escondido de manera deliberada. En ocasiones las premisas implícitas se han dejado así porque se entienden sin necesidad de decirlas, incluso como una forma de consideración con el otro. También puede ser que algunos elementos sean omitidos con intenciones menos nobles. Es por ello necesario que para poder desarrollar una evaluación crítica del discurso deben al menos explicitarse las premisas implícitas fundamentales. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 159)

6. Regla del punto de partida. Una parte no puede presentar falsamente una premisa como si fuera un punto de vista aceptado, ni puede negar una premisa que representa un punto de partida aceptado. Para poder resolver una disputa, el protagonista y el antagonista deben poder recurrir a un mínimo de puntos de partida en común. Si no fuera así, la discusión no tendría sentido alguno ya que ninguno de los oponentes tendría la posibilidad de convencer al otro al no existir una base para lograr el efecto interactivo. El punto de partida común para el discurso argumentativo está constituido por los puntos de vista que tanto antagonista como

protagonista comparten en la etapa de apertura de la discusión. Entre tales puntos de partida se pueden incluir hechos, suposiciones, verdades, valores, normas o jerarquías de valor. Para hacer un uso apropiado de los puntos de partida comunes en la defensa de su punto de vista, el protagonista ha de ser capaz de reconocer con claridad las proposiciones que forman parte de ellos. En un caso extremo, el protagonista y el antagonista pueden llegar a un acuerdo explícito en la etapa de apertura de la discusión acerca de sus puntos de partida comunes. Si los participantes de la discusión quieren estar seguros por completo acerca de lo que se puede considerar como parte de los puntos de partida comunes, se requiere de un acuerdo explícito. Incluso si se conocen muy bien entre sí, cada uno podría estar equivocado acerca de las concepciones del otro. Riesgo que aumenta a medida que el conocimiento mutuo es menor. Por otro lado, si una proposición tiene la categoría de un punto de partida aceptado, no debería ser cuestionada durante la discusión, pero si lo fuera, perdería la categoría de punto de partida común. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 167, 168)

7. Regla del esquema de la argumentación. Una parte no puede considerar que un punto de vista haya sido defendido de manera concluyente, si la defensa no se ha llevado a cabo por medio de un esquema argumentativo apropiado que se haya aplicado en la forma correcta. El “procedimiento de identificación” es el método que permite evaluar la defensa de los puntos de vista mediante el examen de las relaciones existentes entre las premisas y los puntos de partida. Consiste en verificar si las proposiciones en cuestión pueden ser consideradas como parte del punto de partida común. Pero el “procedimiento de identificación” por sí solo no permite evaluar si la defensa del punto de partida es adecuada para resolver la disputa. En algún momento de la discusión

podría ponerse en duda una proposición que no forma parte de los puntos de partida comunes y por tanto debe haber una manera de poner a prueba su aceptabilidad. Si no fuera así, el sistema de evaluación solo permitiría discusiones “cerradas”, en que ninguna información nueva fuera agregada a los puntos de partida acordados ni al saber común disponible al principio de la discusión. Para lograr que un punto de vista sea apoyado adecuadamente, en cada argumentación única que se presenta en su defensa, debe usarse el tipo correcto de esquema argumentativo que debe además ser utilizado de manera apropiada. Así, además del “procedimiento de identificación”, debe existir un “procedimiento de verificación” relacionado con el esquema argumentativo que se esté utilizando. A veces se explicita en la etapa de apertura de la discusión cuáles son los esquemas apropiados y con qué criterios deben cumplir, pero en la práctica, es más frecuente que estos se asuman de forma tácita. Aunque no existen reglas simples y precisas para juzgar si ciertos esquemas argumentativos son apropiados a las proposiciones de cierto tipo y alcance, se reconoce que algunas combinaciones son más adecuadas que otras. En algunos casos, determinar cuál es el esquema de argumentación apropiado y cómo debe usarse, depende del tipo y del alcance de la proposición expresada en el punto de vista. Para ello es útil distinguir tres tipos básicos de proposición: descriptivas, evaluativas e incitativas. Las proposiciones descriptivas a menudo parecen requerir una argumentación de tipo causal, mientras que las proposiciones evaluativas e incitativas suelen involucrar argumentaciones basadas en relaciones de concomitancia y analogía. En cuanto al rango, el alcance puede variar desde las proposiciones que incluyen a un único objeto de un grupo, o de un conjunto más amplio, hasta las que abarcan a todos sus miembros, existiendo un amplio rango de posibilidades intermedias. En este caso las proposiciones con el menor alcance se llaman singulares, las de mayor

alcance se denominan universales y aquellas con un alcance intermedio se llaman particulares. Las proposiciones singulares pueden ser bien defendidas por una argumentación basada en una relación de concomitancia, mientras que las proposiciones particulares y universales muchas veces no pueden ser defendidas por medio de este tipo de argumentación y requieren de una argumentación causal o de una analógica. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 177-179)

8. Regla de la validez. En su argumentación, las partes solo pueden usar argumentos que sean lógicamente válidos o que sean susceptibles de ser validados explicitando una o más premisas implícitas. Para lograr una defensa concluyente de un punto de vista, es necesario que los argumentos usados en el discurso sean lógicamente válidos. Este requisito de validez se relaciona con la forma del argumento de manera que si las premisas son verdaderas, no puede ser que la conclusión del argumento sea falsa. El instrumento de evaluación para establecer si un argumento es en efecto válido, es el “procedimiento de razonamiento”, que verifica si la forma del argumento garantiza que la conclusión se sigue de las premisas. Las formas lógicas de la argumentación sólo pueden ser evaluadas si son completamente explícitas aunque en la práctica argumentativa, dejar premisas implícitas es más bien la regla que la excepción. En la práctica, la calidad lógica de los argumentos será considerada muy importante por el protagonista y el antagonista, que harán todo lo posible para que sus argumentos causen una impresión “lógica”. Aquí el término “lógico” tiene menos que ver con los atributos formales del argumento y más con dotar al punto de vista de una apariencia lógica. Por lo general, cuando llega el momento de evaluar mutuamente la validez de los argumentos, los participantes se apoyarán en primer lugar en sus propias intuiciones y

solo llegarán a una revisión formal si tales intuiciones los conducen a resultados diferentes. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 177-179)

9. Regla de clausura. Una defensa fallida de un punto de vista debe tener como resultado el que la parte que lo presentó se retracte de él y una defensa concluyente debe tener como resultado el que la otra parte se retracte de sus dudas acerca del punto de vista. En la etapa de clausura de la discusión debe hacerse el balance final para responder si se ha resuelto la disputa y en favor de cuál de las partes. La disputa se resuelve en favor del protagonista cuando este ha sido capaz de presentar una defensa concluyente de su punto de vista. Esto puede suceder si, y solo si, todos los procedimientos de evaluación se han cumplido y ninguno de ellos, ni el procedimiento de identificación, ni el de verificación, ni el de razonamiento, ha producido un resultado adverso. Aunque la aplicación de estos procedimientos en la etapa de argumentación no haya presentado ningún problema, y así el protagonista y antagonista hayan respetado todas las demás reglas en todas las etapas de la discusión, todavía la resolución de la disputa podría verse obstruida en la etapa final de clausura. En principio, la resolución de una disputa exige que los participantes establezcan en conjunto cuál de los dos ha ganado la discusión, de manera que no quede incertidumbre alguna y menos aún, un desacuerdo con respecto al resultado de la discusión. La interpretación de los resultados de la discusión está relacionada con la pregunta de si el protagonista ha tenido éxito en defender su punto de vista de manera concluyente o no. Es posible que él mismo esté convencido de que ha tenido éxito en esta tarea, pero que el antagonista sostenga que no ha sido así. Si no pueden ponerse de acuerdo en esto, la disputa no ha concluido. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 201)



10. Regla del uso del lenguaje o de la claridad. Las partes no deben usar formulaciones que resulten insuficientemente claras o confusamente ambiguas y deben interpretar las formulaciones de la parte contraria tan cuidadosa y tan exactamente como les sea posible. Un lenguaje poco claro puede tener consecuencias negativas directas que afectan la resolución de una disputa. Si el protagonista no expresa su punto de vista claramente en la etapa de confrontación, el antagonista podría ponerlo en duda así no tuviera necesidad de cuestionarlo, o por el contrario, podría no ponerlo en duda cuando realmente debería hacerlo. Si también, el uso del lenguaje y las expresiones empleadas por el antagonista no logran hacer que su contraparte comprenda que está poniendo en duda el punto de vista del protagonista, este podría creer equivocadamente que no existe una disputa. O en otro caso, el protagonista podría pensar que hay una disputa cuando en realidad no hay ninguna, o de que la disputa es mixta cuando en realidad no lo es. Estos malentendidos pueden hacer surgir acuerdos o disputas falsos. En el caso de un pseudo-acuerdo podría no llegarse a desarrollar una discusión que es necesaria, y en el caso de una pseudo-disputa podría llevarse a cabo una discusión innecesaria. La etapa de claridad en la etapa de confrontación puede seguir teniendo impacto en las otras etapas de la discusión. Por ello, tanto el protagonista como el antagonista tienen una doble responsabilidad por el uso del lenguaje en la discusión: deben expresar lo que quieren decir tan claramente como sea posible de manera que la otra parte pueda determinar cuál es su intención y así mismo deben hacer el mejor esfuerzo por determinar el significado al que se dirige lo que la otra parte está diciendo. Las dos partes que discuten tienen la responsabilidad conjunta de lograr el entendimiento mutuo. Esto significa que las palabras y expresiones de sus actos de habla deben cumplir con el requisito de claridad que es parte del Principio de la

Comunicación. En cuanto a la interpretación, la responsabilidad implica que cada parte debe suponer que la otra parte está respetando el Principio de la Comunicación y que ha formulado todo lo que quiere decir de la forma más clara que le ha sido posible (se pueden evocar aquí principios como el de Cooperación de Grice o el de Cortesía de Leech). Si ambos usuarios del lenguaje adaptan su manejo de la información verbal al conocimiento previo de cada uno con el propósito de que no surjan problemas de comprensión, se puede hablar de una formulación óptima y de una interpretación óptima. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 211, 212)

### **3.5 Algunas falacias a las reglas de la Pragma-dialéctica**

Cuando se produce una violación de una regla de la discusión, cualquiera sea la parte que la cometa y cualquiera sea la etapa de la discusión en la que ocurra, aparece una posible amenaza para la resolución de una disputa que debe ser considerada como un paso (o movida) incorrecto de la discusión. En la Pragma-dialéctica, el término falacia se conecta sistemáticamente con las reglas de una discusión crítica. No se considera que el cometer una falacia sea automáticamente una conducta poco ética. Solo es incorrecto en el sentido de que puede frustrar los esfuerzos para alcanzar la resolución de una disputa. El enfoque pragma-dialéctico es más amplio y al mismo tiempo más específico que el enfoque tradicional centrado en la lógica. Más amplio porque abarca en su análisis todas las violaciones de las reglas de la discusión, no sólo los errores “lógicos” relacionados con la validez. Es más específico porque las falacias se conectan sistemáticamente con la resolución de las diferencias de opinión. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 124)



La lista de falacias a las reglas de la Pragma-dialéctica supera la treintena. Aquí presentamos solo algunas de las más comunes y que fueron identificadas en el análisis del corpus discursivo.

Falacia a la Regla 1: *Argumentum ad misericordiam*. Presionar a la parte contraria manipulando sus sentimientos de compasión. Una manera sofisticada de utilizar amenazas para presionar al oponente es la manipulación de sus emociones. Por ejemplo, dándole a entender que si comienza a poner en cuestión un punto de vista, será responsable de herir o desilusionar a la persona que lo presentó. Así, esa amenaza le hace sentir que ya no es libre de poner en duda el punto de vista. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 130)

Falacia a la Regla 2: evadir el peso de la prueba. Una manera obvia de evadir el peso de la prueba es presentar el propio punto de vista, desde la partida, como si no hubiese necesidad de defenderlo. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 136)

Falacia a la Regla 3: Hombre de paja. Imputarle un punto de vista ficticio o distorsionar el punto de vista de la parte contraria. En este caso se le atribuye al oponente un punto de vista que no se parece en absoluto a lo que él había dicho o a lo que podría haber dicho. En esta falacia tanto el oponente como su punto de vista son caricaturizados con el fin de atacarlos más fácilmente. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 145)

Falacia a la Regla 4: *Argumentum ad verecundiam* (como falacia ética). Defender el punto de vista usando medios de persuasión no argumentativos y enumerando las propias cualidades. Se comete una falacia ética cuando el protagonista intenta lograr que la audiencia acepte un punto de vista basándose exclusivamente en la autoridad que posee ante los ojos de la audiencia, de su conocimiento experto, de su

credibilidad o de su integridad personal. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 154)

Falacia a la Regla 6: razonamiento circular. Un caso especial en el que se supone erróneamente que una proposición es uno de los puntos de partida comunes es el que se produce cuando el protagonista defiende su punto de vista por medio de una premisa que viene a ser equivalente al punto de vista. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 171)

Falacia a la Regla 7: *Argumentum ad verecundiam*. Usar un esquema argumentativo inapropiado (sintomático), presentando el punto de vista como correcto porque una autoridad dice que es correcto. En los argumentos de autoridad se trata el conocimiento de experto que alguna persona posee o a su posición especial, como un signo de que la proposición que se le atribuye a esa persona es aceptable. Sin embargo, para que este esquema argumentativo pueda ser usado en la defensa de un punto de vista, es necesario que el antagonista lo reconozca como tal. Si, a pesar de saber que el antagonista no lo reconoce así, el protagonista lo elige de todos modos, se hace culpable de una violación a la regla 7. Otra variante del *argumentum ad verecundiam* es recurrir a una autoridad que no tiene que ser una persona, por ejemplo un libro, o a que la opinión de la mayoría de la gente es decisiva (en este caso se conoce como *argumentum ad populum*). (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 179-180)

Falacia a la Regla 7: *Secundum quid* (generalización apresurada). Usar incorrectamente el esquema argumentativo apropiado de la concomitancia, haciendo generalizaciones basadas en observaciones que no son representativas o que no son suficientes. A veces se llega a conclusiones generales basándose en observaciones que se consideran instancias particulares de algo general. El problema es que no siempre está tan claro que una generalización esté basada en observaciones que son insuficientes



en cuanto a su representatividad o a su cantidad. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 185)

Falacia a la Regla 10: Vaguedad. Falta de claridad estructural, implicitud, indefinición, falta de familiaridad, vaguedad. Si un participante de una discusión se vale de algún tipo de falta de claridad en la exposición de sus afirmaciones con el propósito de mejorar su posición en la discusión, se hace culpable de una violación a la regla 10 que puede ser descrita como falacia de falta de claridad o vaguedad. (van Eemeren y Grootendorst, 2006, p. 211)

El estudio de las falacias resulta de mucho interés en la interacción comunicativa y sin duda aportaría grandes beneficios en el proceso de argumentación en el aula. Llevar por tanto la teoría pragma-dialéctica al ejercicio argumentativo en el aula brindará elementos complementarios a los proporcionados por el protocolo ASAC y permitirá construir un puente entre la argumentación cotidiana y la argumentación en el aula de ciencias.

#### **4 El aprendizaje de la hidráulica en el aula a partir de casos de la historia de las ciencias. El diseño de esta investigación**

En el programa universitario de ingeniería civil, el estudiante se enfrenta durante su preparación a temas de disciplinas profesionales como la hidráulica que tienen estrecha relación con situaciones históricas pero que sin embargo se abordan siguiendo en general un método deductivo dirigido por el docente, en el cual se ignoran las vicisitudes históricas y al cual debe el estudiante acogerse sin otra opción. Se ignoran también la mayoría de las veces las ideas previas del estudiante (no basta con que se tengan en cuenta los contenidos de las asignaturas previas) y se marca un único camino para la elaboración conceptual, dando la idea de que es el único posible. Esto es, se instaura una especie de racionalismo lógico formal. Con razón dice Toulmin (2003) que uno de los problemas de la ingeniería ha sido que los ingenieros académicos inicien a sus alumnos en las técnicas de diseño, sin enseñarles a pensar en la forma que debería hacerlo todo ingeniero profesional, es decir, en el efecto potencial que un gran proyecto puede tener sobre los seres humanos al producir cambios en sus vidas con su realización. Al respecto, Toulmin trae como ejemplo el caso de la gran presa de Asuán, donde según él se demuestra cómo el entusiasmo de ingenieros y políticos puede generar desastres técnicos. La realización de esta presa, destinada a modificar el entorno físico para controlar las crecidas del Nilo y producir energía, tuvo graves consecuencias en el equilibrio del ecosistema, sobre todo porque los



ingenieros que la diseñaron no tuvieron en cuenta el impacto ecológico que su construcción tendría sobre la fauna, la flora, y también sobre la economía de los pueblos que habitaban las márgenes del Nilo. En menor escala, pero no por ello poco desastroso, ha sido el manejo de las corrientes de agua superficiales (ríos y quebradas) que especialmente en los espacios urbanos de Colombia se ha llevado a cabo mediante la adopción de las canalizaciones en concreto de los cauces y los cambios del alineamiento natural a través de las “rectificaciones”. En relación con prácticas como estas Toulmin (2003) hace referencia a cómo el énfasis disciplinar en las tecnicidades de las ciencias impone a los recién llegados (a los estudiantes o ingenieros en preparación) unas anteojeras profesionales dirigiendo su atención a ciertas consideraciones restringidamente definidas, impidiéndoles considerar su trabajo desde una perspectiva más amplia.

Pero como son las crisis muchas veces las promotoras del cambio, ha sido precisamente la actual problemática ambiental global la que ha propiciado una creciente sensibilidad en la sociedad, en especial en los jóvenes estudiantes de ingeniería civil que hoy en día muestran preocupación por el ambiente y son más conscientes del impacto que las obras civiles pueden producir sobre los espacios donde estas se ubican. La ingeniería civil comienza a cambiar sus prácticas, empieza a “transdisciplinarse” y esto implica también la implementación de otras prácticas docentes en el aula.

En la instrucción tradicional, el profesor entrega información a los estudiantes a través de clases magistrales o lecturas. Esta información suele consistir en indicaciones sobre cómo realizar procedimientos para resolver cierto tipo de problemas específicos. Se espera que los estudiantes memoricen la información y luego demuestren que lo han hecho,

repetiendo los procedimientos correctamente o aplicando tal procedimiento en la solución de un problema. Esto es lo que se conoce como el estilo de enseñanza-aprendizaje de transmisión y adquisición. En contraste con ello, la investigación en las ciencias del aprendizaje hace énfasis en un nuevo estilo de aprendizaje en el cual el profesor trabaja con los estudiantes en una comunidad de aprendizaje, ofreciendo el apoyo apropiado a proyectos de grupo en los cuales los estudiantes construyen juntos el conocimiento. En un salón de clase basado en los principios científicos de las ciencias del aprendizaje, los estudiantes se comunican entre sí a medida que construyen juntos el conocimiento. El profesor está siempre presente pero no domina la discusión, más bien la facilita o la canaliza, pero si los estudiantes están trabajando juntos, un profesor experimentado podría considerar que lo mejor es permanecer en silencio. (Sawyer, 2006)

En esta investigación nos acogemos pues a una propuesta como la planteada por las ciencias del aprendizaje en la cual se privilegia la interacción del diálogo en el aula de ciencias.

#### **4.1 Consideraciones acerca de la interacción**

La mayoría de los investigadores de la interacción consideran que es importante estudiar la interacción tal como ella ocurre en situaciones reales, es decir en la forma como ocurre una conversación natural. Un grupo de estudiantes en un laboratorio desarrollando un procedimiento ya definido tendrían una conversación muy diferente a la que sería si estuvieran en un salón de clase. Como resultado de estas ideas, la tradición en los estudios de la interacción, han desarrollado metodologías no experimentales para el estudio de la conversación. Tales metodologías se originaron en los 60s y han ido refinándose desde entonces. Estas



metodologías se conocen en conjunto como “análisis de la interacción” y han sido diseñadas para analizar la conversación natural, así como la conversación en las clases cuando los estudiantes están involucrados en sus actividades normales. Varios artículos en los cuales se describen estas metodologías para analizar las interacciones en el aprendizaje han influido ampliamente entre los científicos del aprendizaje. (Sawyer, 2006)

El estudio científico de la conversación comenzó en los 60s cuando por primera vez los investigadores tuvieron acceso a los equipos de filmación. El primer grupo de expertos fue conocido como analistas de la conversación. Los analistas se enfocaron hasta llegar a la dinámica de la conversación en el microsegundo donde pocas personas alcanzan a ser conscientes y crearon nuevos métodos de transcripción para capturar lo que las solas palabras no podían –pausas en el diálogo, suspiros, interrupciones y traslapamientos de las conversaciones-. Casi desde los comienzos del análisis de la conversación, los investigadores han aplicado estos métodos a las sesiones de clase en los salones. El primer estudio que grabó y transcribió un discurso de aula fue reportado en 1966 en el libro “The Language of the Classroom” por Bellack et al. Ellos establecieron un método que todavía se utiliza hoy en día. Comenzaron por segmentar el discurso de aula en turnos de la interacción, que llamaron “moves”. Luego identificaron al hablante de cada turno. Y en el paso más importante de la metodología desarrollaron un sistema para categorizar (o codificar) la función de la interacción en cada turno. Después de esto buscaron ciclos de enseñanza, es decir, secuencias de turnos que ocurrían con frecuencia. Descubrieron que el ciclo más común de enseñanza, en el 48% de los ciclos identificados fue:

1. Turno de solicitud del profesor en forma de pregunta

2. Turno de respuesta de un estudiante que hubiera sido abordado
3. Una reacción de evaluación opcional por el profesor

Los analistas de la interacción se refieren a este tipo de secuencia como una rutina de interacción IRE (*Initiation, Response, Evaluation*).

La metodología utilizada por Bellack et al. en 1966 tiene una diferencia sutil con el análisis de la conversación porque no llegaba al detalle del microsegundo en las transcripciones y los traslapamientos de las conversaciones no eran considerados. Debido a estas diferencias la mayoría de académicos reservaron el término “análisis de la conversación” a los estudios que usan métodos de transcripción detallados y análisis cualitativo de episodios de conversación. Sawyer (2006) usa el término análisis de la interacción para referirse de manera amplia a las metodologías utilizadas en el estudio verbal y no verbal de la interacción, incluyendo los métodos detallados del análisis de la conversación, la técnica de codificación de Bellack et al. y muchos otros. (Sawyer, 2006)

Métodos analíticos de interacción fueron utilizados en una serie de importantes estudios del discurso de aula en los 70s. En los 80s, los investigadores de la conversación alcanzaron un buen entendimiento del discurso de la clase tradicional. Ellos tuvieron una amplia documentación para concluir que una secuencia como la del estilo de enseñanza IRE no era la más efectiva para el aprendizaje. Por ejemplo, IRE era opuesta al constructivismo porque los estudiantes no tenían la oportunidad de construir activamente su propio conocimiento. IRE no tenía nada que ver con las formas del discurso empleadas por los profesionales y científicos en la búsqueda de conocimiento y en los proyectos de investigación. Tampoco IRE tenía que ver con las formas del discurso situado que ocurre en las situaciones reales de aprendizaje. Un salón de clase dominado por

el IRE no es una comunidad de práctica, más bien es un lugar dominado por el profesor. (Sawyer, 2006)

Como resultado de los hallazgos de las ciencias del aprendizaje, la clase comenzó a cambiar su estructura apartándose del modelo de transmisión y adquisición en el cual el profesor dictaba o controlaba el flujo de la discusión en la secuencia IRE. Estudios de la construcción de conocimiento situacional y colaborativo convencieron a muchos profesores de permitir a sus estudiantes trabajar juntos en grupos involucrados conjuntamente en un proyecto, construyendo juntos activamente su propio conocimiento. Como resultado, los tipos de conversación que se produjeron en estas aulas de clase fueron muy diferentes a las del patrón de discurso tradicional del IRE. (Sawyer, 2006)

Sawyer (2006) expresa que al explicar cómo la colaboración beneficia el aprendizaje, investigadores de un amplio rango de perspectivas teóricas han presentado la hipótesis de que la conversación media entre el aprendizaje del grupo y el del individuo. La conversación es el lugar donde el conocimiento construido del grupo se traslada al avance cognitivo individual. Una característica fundamental de las ciencias del aprendizaje es que trata de comprender mejor cómo el desarrollo cognitivo y la interacción trabajan juntos en ambientes de aprendizaje. Para entender mejor cómo el aprendizaje individual y el conocimiento construido del grupo trabajan juntos en un salón, se necesita la aplicación de los métodos del análisis de interacción al discurso de aula.

En los 80s los investigadores de la educación comenzaron a utilizar el análisis de la interacción en el estudio del aprendizaje colaborativo. Los investigadores que estudian el aprendizaje colaborativo se han enfocado en tres aspectos que podrían contribuir al aprendizaje. Primero, dar y recibir

explicaciones son ambas acciones que contribuyen al aprendizaje de los estudiantes. Segundo, investigadores que trabajan en el marco teórico de la socio-cognición, han insistido en el papel mediador realizado por el conflicto y la controversia. Tercero, los investigadores del marco socio-cultural han enfatizado en cómo los participantes se basan en las ideas de los otros para construir juntos un entendimiento novedoso con relación al que cualquiera de los participantes tenía antes del encuentro. (Sawyer, 2006)

La perspectiva situacional se fundamenta en dos grandes programas de investigación del estudio del comportamiento humano, los cuales surgieron como alternativas del conductismo de los 60s y 70s. El primero es la ciencia cognitiva, cuya investigación se enfoca sobre patrones de información que son formulados para ser reconocidos o construidos en la actividad. Generalmente esta investigación se enfoca en individuos, aunque la interacción social puede ser, y cada vez más, considerada como contexto del aprendizaje individual. El segundo se refiere a los estudios de la interacción, cuya investigación se enfoca sobre patrones de coordinación en grupos de individuos involucrados en acciones conjuntas y con recursos materiales, informativos y conceptuales en sus ambientes. La perspectiva situacional combina las fortalezas de estos dos enfoques con el objetivo de entender mejor cómo ocurre el aprendizaje y cómo diseñar ambientes de aprendizaje. La “situacionalidad” es una perspectiva científica general y como tal no dice qué prácticas educativas deben ser adoptadas. Aun así, es muy adecuada para el análisis de procesos de interacción y aprendizaje en el tipo de ambientes de aprendizaje recomendados por educadores progresistas alejados del estilo instructivo de transmisión y adquisición hacia clases más colaborativas, activas y orientadas a la investigación. Por su énfasis en sistemas activos, la

perspectiva situacional enfatiza que las actividades en los diferentes ambientes de aprendizaje son importantes, no sólo por las diferencias en cómo efectivamente enseñan el contenido de aprendizaje sino también porque la participación en la práctica es una parte crucial de lo que los estudiantes aprenden. Si el objetivo de la educación es que los estudiantes aprendan prácticas de investigación y acciones significativas, los ambientes de aprendizaje deben proporcionar oportunidades para que puedan participar en esas prácticas. Estos ambientes de aprendizaje incluyen actividades como la formulación y evaluación de proposiciones, conclusiones y argumentos. En las prácticas orientadas a la participación, las discusiones en clase son organizadas para fomentar el contenido del aprendizaje del estudiante y también para apoyar el aprendizaje de cómo participar en las prácticas discursivas organizadas en tales discusiones. Un reto para las ciencias del aprendizaje es avanzar en la comprensión teórica del aprendizaje para dar explicaciones más coherentes y definitivas del aprendizaje en estos ambientes, así como una orientación más útil para el diseño de recursos y prácticas productivas. (Greeno, 2006)

#### **4.2 Metodología de la investigación**

La investigación se orientó desde una perspectiva cualitativa con un enfoque descriptivo interpretativo. Mantuvo siempre una atención especial por las características del diálogo interactivo entre los participantes como una condición fundamental de su naturaleza social. Se tuvieron en cuenta los significados que los participantes mostraron por cada situación los cuales fueron interpretados según se manifestaron en el contexto de la interacción entre ellos (Álvarez, 2008) y de acuerdo con las referencias empíricas y teóricas seleccionadas para el análisis (el protocolo ASAC y la teoría Pragma-dialéctica). Siendo una investigación cualitativa se reconoce

que el conocimiento es un producto social y un proceso de producción colectivo que está influenciado por los valores, percepciones y significados de los sujetos que lo construyen y que por ello es en la inmersión intersubjetiva en esa realidad a través de la cual se logra conocer su lógica interna y su racionalidad.

La relación intersubjetiva que se establece entre el investigador y los sujetos que participan en el estudio plantea al investigador una responsabilidad ética por los efectos propios que la investigación puede llegar a tener sobre ellos. En cuanto a esto, se estableció una relación de respeto y honestidad con todos los participantes proporcionando un espacio propicio para la actividad de tipo educativo que fue desarrollada. En ese mismo sentido los participantes recibieron toda la información acerca de las características de la actividad en la que estuvieron inmersos, los objetivos de la investigación, y el carácter voluntario aunque comprometido que se esperaba de su participación. (Galeano, 2009)

Como enfoque cualitativo se consideró el interaccionismo simbólico mediante la observación participativa y el estudio de casos (Rizo, 2011). Con este enfoque se llevó a cabo un análisis del discurso del corpus de las declaraciones de los estudiantes durante las sesiones en el aula. Para este análisis se definieron inicialmente los marcadores del discurso a partir de dos referentes, el protocolo ASAC y la teoría Pragma-dialéctica.

El interaccionismo simbólico trata de comprender el proceso de asignación de símbolos con significado al lenguaje hablado y el comportamiento en la interacción social. Según Williams (1999 -citado por Martínez, 2006- ), se puede considerar como la escuela más influyente y exitosa de la sociología interpretativa de acuerdo con el número de trabajos publicados y por la integración entre la teoría y el método. El interaccionismo simbólico trata de representar y comprender el proceso de



creación y asignación de significados al mundo de la realidad que se vive por parte de actores particulares, en lugares, en situaciones y en tiempos particulares. Su enfoque metodológico se apoya en las tres premisas básicas puntualizadas por Blumer (1969 –citado por Martínez, 2006- ):

1) Los seres humanos actúan en relación con los objetos del mundo físico y de otros seres de su ambiente sobre la base de los significados que estos tienen para ellos.

2) Estos significados brotan o se derivan de la interacción social que se da entre los individuos. La comunicación es simbólica, ya que nos comunicamos por medio del lenguaje y otros símbolos. Al comunicarnos producimos símbolos significativos.

3) Estos significados se establecen y modifican por medio de un proceso interpretativo.

El interaccionismo simbólico se constituye en esta investigación en un enfoque fundamental para establecer las condiciones de la implementación del ejercicio en el aula que fue realizada atendiendo sus tres premisas básicas. Así, 1) los participantes contaron con un ambiente en el aula donde tenían plena libertad de expresar sus ideas y sus propios significados; 2) se privilegió la interacción social; y 3) se reconoció el cambio de significados producto de las interpretaciones de los participantes durante su interacción. En buena medida el enfoque del interaccionismo simbólico apuntaba hacia el cumplimiento del primer objetivo de esta investigación en cuanto al establecimiento de las condiciones en el ejercicio argumentativo.

Para esta investigación los casos de estudio estuvieron constituidos por las sesiones en el aula teniendo en cuenta la observación tanto hacia el grupo como hacia cada participante. Con el fin de seleccionar los

referentes a partir de los cuales se definirían los marcadores para el análisis del discurso, la implementación en el aula se comenzó desde el año 2010 teniendo presente los objetivos de la investigación y las condiciones que el ejercicio de argumentación requería. Así, se hizo la selección del material didáctico en el cual se apoyaría el trabajo en el aula y se presentó a los estudiantes la información del proyecto para contextualizar las situaciones.

Reconociendo como lo expresa Duschl (2008a) que el lenguaje de la ciencia no es exclusivamente la enunciación de términos y conceptos, hechos y leyes, principios e hipótesis, sino que está relacionado estrechamente con el carácter reestructurante de las ideas o declaraciones científicas acerca del método, los alcances y las explicaciones, es que se adopta esta metodología de investigación con una perspectiva socio-cultural.

### **4.3 Participantes y contexto (la hidráulica como tema para la investigación)**

Los participantes fueron estudiantes universitarios del programa de ingeniería civil de la Escuela de Ingeniería de Antioquia y el docente el mismo investigador. Para la investigación se hizo la invitación a los estudiantes que estaban cursando su segundo año de formación del programa a que hicieran parte de un grupo de semillero de investigación.

Los estudiantes fueron llamados a participar voluntariamente con el compromiso esperado de su parte de realizar una sesión semanal con el grupo de cerca de dos horas de duración, con un mínimo de 10 sesiones realizadas en el semestre. Además de estas sesiones con los grupos del semillero de investigación, se llevaron a cabo otras más en dos cursos regulares de mecánica de fluidos en el año 2011 con el objetivo de estudiar





la implementación en un aula con un mayor número de estudiantes e identificar las posibilidades o dificultades que un ejercicio de la naturaleza propuesta pudiera presentar. Aunque varias de estas sesiones fueron grabadas y transcritas, solo se realizó para ellas el análisis de la interacción y no el análisis del discurso por considerar que las sesiones del semillero ofrecían un material más apropiado para los objetivos de la investigación. La Tabla 3 resume el número de sesiones realizadas entre el primer semestre de 2010 y el primer semestre de 2012, que fueron desarrolladas en esta investigación.

En total se llevaron a cabo 73 sesiones en el aula brindando así la oportunidad tanto al investigador como a los estudiantes de hacer el ejercicio de la argumentación en diferentes situaciones y permitiendo la evaluación del proceso en diversos momentos. De esa manera el ejercicio fue verificado en diversos contextos, con grupos de tamaños diversos y con planteamientos metodológicos diferentes. Este número de sesiones permitieron el desarrollo y la observación de muy diversas situaciones.

Tabla 3. Número de sesiones desarrolladas en la investigación

Año	Semestre	Grupo	Número de estudiantes	Número de sesiones
2010	1	a	3	11
		b	4	11
2010	2		5	11
2011	1		5	10
		Curso regular	22	4
2011	2		5	12
		Curso regular	26	4
2012	1		9	10

El proceso argumentativo se situó en el aula, en el ejercicio dialógico entre profesor y estudiantes por lo que la exploración se hizo directamente sobre el diálogo interactivo y lo que este significa en la construcción de conocimiento y en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Es precisamente a través de ese diálogo interactivo como se construyó el discurso argumental que fue objeto de estudio y análisis.

Los contenidos del material didáctico a partir de los cuales se iniciaron los ejercicios en el aula fueron tomados de situaciones de la hidráulica que estuvieran en estrecha relación con el currículo del programa. Se utilizaron contenidos de textos históricos, de textos regulares, de casos hipotéticos y de casos experimentales en el laboratorio. El propósito de explorar tan diversas situaciones pretendió validar la propuesta



pedagógica en cuanto a la postura socio-cultural con énfasis en la interacción.

La hidráulica es una de las esferas de actuación del profesional de la ingeniería civil, lo que hace que su aprendizaje sea fundamental en la formación del ingeniero. Como campo especializado de la física, la hidráulica ha despertado el interés del hombre desde los tiempos más remotos. Tratados como los de Aristóteles, Arquímedes, Herón, Galileo, Torricelli, Stevin, Newton, etc., dan cuenta de ello. A pesar de que poca de esa historia, y en especial de las situaciones a las que se enfrentaron estos hombres de ciencia y sus formas de solución, se encuentra en la mayoría de los actuales libros de texto utilizados en los cursos regulares, un material muy valioso puede encontrarse en ensayos realizados por investigadores como Rouse (1984) y Levi (1989). Se seleccionaron situaciones paradójicas de la hidráulica que han sido polémicas entre los científicos en determinados momentos de la historia (p.e. Aristóteles, Arquímedes, Stevin, Galileo) relacionadas con propiedades de los fluidos, así como la estática y la cinemática. Se propuso utilizar estas situaciones problemáticas de la hidráulica planteadas desde la historia de la ciencia porque como se mencionó desde los antecedentes y la presentación del problema, se considera el aprendizaje como un proceso que se va construyendo en una interacción sincrónica (en el aula) y también asincrónica (en el vínculo con la historia de las ciencias). Tales situaciones se presentaban a los estudiantes mediante un texto narrativo, en este caso fragmentos de “El agua según la ciencia” de Levi (1989).

Durante las sesiones realizadas en el 2010, el proceso de interacción se realizó de la siguiente manera: el profesor hacía la lectura del texto deteniéndose en ciertos momentos para explorar las ideas de los estudiantes acerca de la situación tratada. Cabe aclarar que el texto

narrativo estaba planteado en un esquema propicio para la argumentación ya que presentaba las ideas de los personajes, que eran contradictorias en algunos casos, o bien que podían también llegar a confrontarse con las ideas propias de los estudiantes (dos ejemplos de estos textos se presentan en el Anexo 2). El profesor actuaba entonces como motivador del proceso argumentativo con el propósito de explorar las ideas de los estudiantes. Además de preguntas a los estudiantes, respondía a solicitudes de aclaraciones que estos pudieran hacerle. Estas respuestas trataban siempre de propiciar una interacción con los estudiantes en lugar de responder directamente, teniendo presente la construcción del conocimiento por ellos mismos. En ocasiones el diálogo podía apartarse de la lectura del texto debido a la inclusión de temas relacionados con ella pero más cercanos a la vivencia de los estudiantes. Esta situación era permitida toda vez que contribuía a una mejor exploración de las ideas de los participantes. De hecho las sesiones fueron diversificándose de manera que en algunas se partía de la lectura del texto histórico y en otras de casos derivados de esas situaciones pero más cercanos a los estudiantes.

Durante el 2011 se continuó la experiencia con otro grupo de semillero y además se llevó al aula regular en dos ocasiones, en el curso de mecánica de fluidos que se ubica en el tercer año de formación del programa universitario. Para ello, se preparó la lectura del texto histórico con unas preguntas específicas escritas para los estudiantes. Esto permitió también explorar la interacción argumentativa en un grupo de 22 estudiantes (en el primer semestre del 2011) y en otro de 26 estudiantes (en el segundo semestre de 2011). Las sesiones en el 2011 incluyeron las mismas lecturas de las del 2010 y algunos temas más específicos de casos de la mecánica de fluidos, teniendo en cuenta que los participantes cursaban el tercer año



del programa de ingeniería y que algunos recibían incluso el curso regular de mecánica de fluidos con el mismo profesor.

Para el primer semestre de 2012 se definió un diseño experimental más detallado con el fin de analizar con más precisión la evolución de la argumentación en las sesiones. En esta ocasión el grupo estuvo conformado por 9 estudiantes, en su mayoría cursando el cuarto año del programa. Tres de estos estudiantes habían participado en el ejercicio experimental del 2010 y 2011, y cinco en el 2011, es decir, solo un estudiante se incorporaba por primera vez a esta experiencia. En este caso se seleccionó de la experiencia de los dos años anteriores (de las 63 sesiones) una de las lecturas del texto histórico que se había utilizado para el ejercicio argumentativo. El diseño experimental consistió en planificar las sesiones partiendo del texto narrativo con las preguntas previamente formuladas (Anexo 3), hacia una mayor profundización en lo argumentativo, incluyendo respuestas escritas a esas preguntas, que luego fueron evaluadas en el ejercicio interactivo oral posteriormente. La Tabla 4 presenta la descripción de estas sesiones. Las tres primeras sesiones se llevaron a cabo como ejercicio preparatorio en cuanto a la propuesta interactiva argumentativa.

En la sesión 4 se realiza la primera sesión para la investigación. En las sesiones 5 y 6 los participantes responden esta vez en forma escrita, a las mismas preguntas discutidas en la sesión 4. En las sesiones 7, 8 y 9 las respuestas escritas de los participantes se analizan en un ejercicio interactivo argumentativo oral (Anexo 4). Estas sesiones constituyen otro material de la investigación. Finalmente, se propuso un ejercicio interactivo escrito, el cual fue llevado a cabo en la plataforma virtual Moodle. Aunque no fue el propósito de esta investigación analizar este material, se incluye en el Anexo 5 como una base para trabajos futuros.

Tabla 4. Diseño del plan de implementación de las sesiones realizadas en el año 2012

Sesión (fecha)	Descripción de la actividad
1 (13 de febrero)	Introducción, presentación a los participantes del programa que se iba a desarrollar y de las características del protocolo ASAC con el cual se evaluaría el proceso argumentativo.
2 (20 de febrero)	Se presentó un taller en el cual se reunían varios casos de la hidrostática para que fueran resueltos por los estudiantes de manera individual.
3 (27 de febrero)	Se llevó a cabo una discusión con respuestas de los estudiantes a las soluciones presentadas en la sesión 2. Las sesiones 2 y 3 tuvieron como propósito que todos los participantes conocieran la propuesta del ejercicio argumentativo y reconocieran la importancia y la manera como habrían de involucrarse. Aunque la mayoría de los participantes ya habían llevado a cabo el ejercicio en grupos anteriores, por primera vez se reunían 9 estudiantes en un solo grupo.
4 (5 de marzo)	Se constituye en la primera producción argumentativa sobre el texto narrativo histórico. El texto se presenta en varios fragmentos con algunas oraciones subrayadas a las cuales se asocian unas preguntas que los estudiantes han de responder mediante el diálogo oral durante la sesión (véase el Anexo 3).
5 (12 de marzo)	Los participantes responden en forma escrita las mismas preguntas del fragmento del texto narrativo histórico (Anexo 3).
6 (26 de marzo)	Se continúa con la actividad de la sesión 5.
7 (9 de abril)	Se continúa la discusión oral del texto narrativo histórico pues en la sesión 4 se avanzó hasta responder la pregunta 3 (Anexo 3). En esta sesión se concluye la discusión sobre las 10 preguntas.
8 (16 de abril)	Se analizan fragmentos de las respuestas escritas de las sesiones 5 y 6 (Anexo 4). Se atienden las preguntas 1 y 2.
9 (23 de abril)	Se continúa el análisis de las respuestas escritas (Anexo 4). Se atienden las preguntas 3 hasta la 10.
10 (7 de mayo)	Los participantes responden nuevamente las preguntas en el foro de una plataforma virtual (Moodle) interactuando durante el tiempo de la sesión.

#### 4.4 Plan de recolección y análisis del corpus discursivo

Todas las sesiones en el aula fueron grabadas con cámara de video y equipo de audio. De las 73 sesiones realizadas durante los dos años y medio se seleccionaron 14 con la condición de que en todas ellas se tratara el mismo caso de las paradojas hidrostáticas del texto narrativo histórico, con el fin de concentrar el análisis en un tema y una situación común. Las 14 sesiones fueron transcritas con el apoyo del programa de reconocimiento de voz *Dragon Naturally Speaking* en algunos casos o digitadas en otros con el uso del programa Transana desarrollado en el *Center for Education Research* de la *University of Wisconsin-Madison* ([www.transana.com](http://www.transana.com)). Las grabaciones y las transcripciones se integraron luego para su codificación y análisis en el programa Transana.

Para las 14 transcripciones se introdujeron los códigos o marcadores de tiempo al comienzo y final de cada intervención o turno. En todos los casos se marcaron los tiempos de intervención del profesor, lectura de texto, intervención de cada estudiante, y en algunos también los momentos de silencio, risas y de diálogos simultáneos (identificados con la palabra clave “varios”). El total de estas intervenciones (o interacciones) fue de 7,327, de las cuales 6,449 correspondieron a las del profesor mas las de los estudiantes (que fueron 3,877) (Tabla 5).

Posterior a la marcación de los tiempos se procedió a la selección de cada intervención<sup>5</sup> o turno de habla en cada sesión<sup>6</sup>, que daría origen al fragmento que sería identificado según las palabras clave o marcadores correspondientes. En el caso de la marcación de las intervenciones los marcadores fueron profesor, lectura, *nombre* de cada estudiante, silencio,

---

<sup>5</sup> denominado “clip” por el programa Transana

<sup>6</sup> denominada “episodio” por el programa Transana

risas, varios. Esta marcación permitió la construcción de los gráficos del proceso de interacción para cada sesión y el resultado de las estadísticas de tales intervenciones tanto en número de ocurrencias como en tiempos.

Posteriormente se llevaron a cabo las marcaciones teniendo en cuenta los elementos que resultaron del protocolo ASAC y de la teoría Pragmadialéctica. Estas marcaciones se hicieron revisando cada turno de habla según los elementos descritos en el protocolo ASAC y en las reglas de la Pragmadialéctica. Finalmente se propusieron otros marcadores según los elementos definidos para el análisis del proceso de aprendizaje y se hizo de nuevo la marcación de las declaraciones de acuerdo con ellos. Esta propuesta se presenta en el Capítulo 6.

En los capítulos 5 y 6 se presentará en mayor detalle el procedimiento de identificación de los elementos para la marcación del discurso y los resultados de estos análisis que incluyen aspectos cuantitativos, descriptivos e interpretativos.

#### **4.5 Criterios de evaluación para esta investigación**

La investigación se desarrolló en varias etapas entre las cuales se pueden identificar, la selección de los instrumentos, el diseño de la implementación, la implementación en el aula, la aplicación de los instrumentos en el análisis del discurso, los resultados obtenidos del análisis del discurso, la interpretación de los resultados, y la propuesta del marco de análisis del proceso de aprendizaje. Cada una de estas etapas fue desarrollada teniendo en cuenta diversas estrategias que pudieran permitir validar el procedimiento y garantizar su confiabilidad. (Valles, 1997)



#### **4.5.1 La selección de los instrumentos**

Definida la metodología de investigación cualitativa en la cual el análisis del discurso fue escogido para el estudio del corpus discursivo a través del estudio de casos y desde el enfoque del interaccionismo simbólico, se revisaron los distintos marcos de análisis utilizados específicamente en la educación en ciencias y que fueron presentados en la sección 2.3.1, con el objetivo de definir el instrumento para el análisis. Habida cuenta de que el protocolo ASAC recogió para su construcción diversos marcos de análisis del argumento a partir de las fuentes empíricas y teóricas con las cuales fueron propuestos los distintos ítems (entre ellos algunos de los revisados en la sección 2.3.1) (véase el Anexo 1, Tabla 24), resultó una opción bastante promisorio. Otra ventaja del protocolo ASAC estuvo constituida por el hecho de haber sido diseñado especialmente para el análisis del proceso argumentativo, que era el segundo objetivo de esta investigación. Además los autores del protocolo habían presentado un detallado informe de su proceso de diseño, y de las pruebas de validación y confiabilidad (Sampson et al., 2012) (que fue incluido en la sección 2.3.2) que justificaban su implementación sin el requerimiento de más pruebas de validación y posteriores ejercicios de verificación. También la similitud entre las características de las sesiones con las cuales fue construido el protocolo ASAC y las sesiones propias de esta investigación hacían del instrumento apropiado y pertinente. Además de las justificaciones anteriores el instrumento fue también validado en cuanto a su pertinencia y comprensión por los mismos participantes en una encuesta evaluativa de cada uno de los 19 ítems del protocolo y que se puede consultar en el Anexo 7.

En cuanto a la Pragma-dialéctica, no es un instrumento que requiera de alguna validación, dado que se trata de una teoría ampliamente difundida

y reconocida. Por sus características permitía además atender la intención de conectar los actos de habla de la comunicación cotidiana con las declaraciones presentadas en el aula de ciencias. Posteriormente se verá cómo se estableció la relación entre estos dos instrumentos, el protocolo ASAC y la Pragma-dialéctica (apartado 5.4.4).

#### **4.5.2 El diseño de la implementación**

Los resultados de la implementación fueron compartidos con otros investigadores con los cuales se tuvo la oportunidad de participar en dos proyectos de investigación relacionados con esta tesis. El tiempo de la implementación, dos años y medio, permitió un desarrollo evolutivo a través de las 73 sesiones y la aplicación en otros ambientes diferentes a los pequeños grupos de investigación (semilleros) como fueron los cursos regulares.

A partir de las experiencias en los dos primeros años (63 sesiones) surgió la definición del diseño específico para esta investigación que fue revisado en conjunto con otros investigadores del grupo ECCE.

#### **4.5.3 La implementación en el aula**

Además del ejercicio argumentativo implementado en el aula, se realizaron grupos focales con los estudiantes participantes al final de cada semestre en los cuales se evaluó la implementación y los cuales fueron también grabados en video y audio. También se discutieron en estos grupos los aspectos de los instrumentos utilizados para el análisis de la argumentación así como la teoría enmarcada en el protocolo ASAC y la Pragma-dialéctica.

Adicional a los grupos focales, se llevó a cabo una encuesta escrita para evaluar el proceso de la implementación en el aula y conocer las opiniones



de los estudiantes acerca de la actividad interactiva (Anexo 6). La información consignada por los participantes da cuenta de su satisfacción por el ejercicio implementado y sus posibilidades en otras áreas académicas y espacios de aula.

#### **4.5.4 La aplicación de los instrumentos en el análisis del discurso**

Los tres instrumentos utilizados para el análisis del discurso, es decir, el protocolo ASAC, la teoría Pragma-dialéctica y los actos del proceso de aprendizaje fueron evaluados a través de cinco casos de estudios (cinco sesiones).

El procedimiento de aplicación consistió en identificar los elementos de cada instrumento en cada declaración de los estudiantes atendiendo las pautas descritas.

#### **4.5.5 Los resultados obtenidos del análisis del discurso**

Los resultados obtenidos mediante el análisis del discurso fueron reunidos en la colección de “clips” del programa Transana, organizados en gráficos con la información de estadísticas de ocurrencia y tiempos, y posteriormente descritos e interpretados.

Desde que fue presentada la propuesta de investigación (2010) y durante su desarrollo (2010-2012), los avances fueron compartidos y discutidos con los investigadores del grupo de investigación ECCE (Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza) de la Universidad de Antioquia y presentados a la comunidad académica y científica en diferentes eventos regionales, nacionales e internacionales (Anexo 8).

## **5 Argumentación científica de ingenieros en formación. La interacción discursiva en el aula**

El ejercicio argumentativo en el aula fue construido a partir del texto narrativo de naturaleza argumentativa. Este texto correspondía al relato de varios episodios de la ciencia ubicados en su contexto histórico. En esta primera aproximación, durante el primer año de la investigación, las sesiones se desarrollaban atendiendo la lectura de la narración de una manera crítica. Para ello, se seguía la lectura en voz alta (fuera por el docente o los estudiantes) interrumpiendo en el momento que surgía la necesidad (fuera por parte de un estudiante o del profesor que quería conocer la idea de los estudiantes). La razón de este procedimiento se fundamenta en la intención de explorar la manera cómo habría de desarrollarse una interacción dialógica sin ningún tipo de forzamiento, no más que el solo propósito de la participación. Un análisis de la interactividad se ha llevado a cabo para algunas de las sesiones y los resultados se presentarán más adelante.

Varias fueron las lecturas y las exploraciones sobre las mismas. En esta investigación se presenta el análisis sobre uno de los textos utilizados en las sesiones, el cual fue analizado en distintos momentos, por diferentes estudiantes y en contextos diversos. Sobre el detalle de estos episodios entraré a la par con los análisis. El texto se titula “Las paradojas hidrostáticas” y puede consultarse en el Anexo 2.

## 5.1 Las paradojas hidrostáticas

Toda la ciencia ha sido construida en un ejercicio argumentativo. La hidráulica tiene innumerables ejemplos de largos argumentos que han llevado siglos entre ires y venires de explicaciones. Entre estos casos la hidrostática recoge los que se han dado a conocer como “paradojas hidrostáticas”.

La hidráulica se conoce como la “parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos” o el “arte de conducir, contener, elevar y aprovechar las aguas” (RAE, 2013)<sup>7</sup>. La hidrostática es una parte de la hidráulica, estudia el agua en reposo. Parecería que esta condición de quietud pudiera simplificar de tal manera la mecánica del agua que su estudio y aprendizaje llegaría a ser muy sencillo. Sin embargo no resulta así. Lo dicen los resultados de las evaluaciones del aprendizaje de los estudiantes. También se puede reconocer esta dificultad mediante las vicisitudes que la historia ha recogido de siglos atrás desde Herón de Alejandría (siglo I a.C.- I d.C.). Enzo Levi, en su extraordinaria biografía de la hidráulica, “El agua según la ciencia” (Levi, 1989) dedica una sesión a las paradojas hidrostáticas en la cual presenta las ideas de Herón recopiladas en el tratado “La Neumática” que fue traducido en los siglos XVI y XVII, y presenta también algunas situaciones planteadas por científicos como Galileo y Stevin en esos mismos siglos. En el Anexo 2 se presenta el texto completo utilizado en la investigación en las sesiones del 2010 y en el Anexo 3 el texto fragmentado y con preguntas utilizado para las sesiones del 2012.

---

<sup>7</sup> <http://lema.rae.es/drae/?val=hidraulica>

## 5.2 La interacción en el aula

La interacción en el aula es una condición *sine qua non* para el ejercicio argumentativo en el sentido que lo hemos presentado aquí, esto es, para la construcción social de la ciencia. Y aunque pudiera resultar en algo tan simple como entablar una conversación, diversos factores pueden actuar como inhibidores de la interacción. Por ejemplo, aspectos cognitivos, el estudiante no tiene ninguna familiaridad con el objeto involucrado o la situación que se plantea le es desconocida por completo; conceptuales, el estudiante reconoce que existe un elemento, una variable, o una fórmula que se le relaciona a la situación, pero no tiene la claridad conceptual para la conexión; epistémicos, el estudiante sabe que existe una relación con el objeto (un concepto) pero no sabe cómo se llegó a ella ni tiene evidencia para probar su validez; sociales, el estudiante no siente confianza para intervenir por falta de una relación abierta con el docente o sus compañeros.

Téngase en cuenta que la prevalencia de las clases magistrales puede ser un factor de resistencia a la interacción: para el docente puede ser más cómodo ceñirse a un “libreto” preparado con antelación y para el estudiante también puede ser más fácil que el docente haga de emisor mientras él hace de receptor. Un inconveniente a la interacción que suelen expresar tanto docentes como estudiantes, es que el avance en el contenido de las clases se ve reducido en la propuesta interactiva con relación al que se tendría en una clase magistral. Una reflexión que puede introducirse aquí es si lo más importante es tal “avance” y qué tan necesario puede llegar a ser la verificación del entendimiento o la garantía del aprendizaje durante el desarrollo de una clase. No estamos opuestos a la clase magistral, mas bien a su prevalencia siempre. Lo que proponemos es la oportunidad de una interacción comunicativa con los estudiantes que

permita reconocer sus ideas, sus saberes previos, y en general sus niveles en lo cognitivo, lo conceptual, lo epistémico y lo social.

A continuación presentaremos algunas formas de interacción en el aula en 14 de las sesiones desarrolladas durante la investigación. Para la visualización de los turnos de habla de la interacción, las 14 sesiones fueron transcritas a partir de las grabaciones. Tales transcripciones están disponibles en el Anexo 9. La Tabla 5 reúne algunas características de las sesiones: la fecha, el número de los estudiantes participantes, el año académico que estaban cursando los estudiantes, la duración de la sesión, el número de las declaraciones presentadas entre los participantes (profesor y estudiantes), el número de las declaraciones presentadas por los estudiantes y el número de palabras de las transcripciones. Esta información da una idea del tamaño del corpus discursivo.

Un aspecto para analizar es el cómo se lleva a cabo la interacción entre los participantes durante el ejercicio argumentativo de cada sesión. Se espera que el estudiante adopte una participación activa. Reitero que no proponemos abolir la clase magistral, que tiene sus propias virtudes. Pero nuestra propuesta pretende, como se ha presentado en la introducción, un ejercicio de construcción colectiva con el propósito de que en la vida profesional el mismo ejercicio pueda instaurarse en los proyectos que requieren prácticas interdisciplinarias.

La primera inquietud que surgió al comenzar la experiencia fue si los estudiantes participarían de una manera interactiva a pesar de no ser su costumbre hacerlo en las aulas regulares. La Figura 6 corresponde a la sesión 3a de 2010-1. En esta ocasión solo asistió una estudiante del grupo. El gráfico del tiempo permite identificar los turnos de habla en el diálogo (la longitud de las barras representa la duración de cada

intervención). La sesión se inicia con una introducción del profesor, luego un momento de lectura que interrumpe brevemente la estudiante y en adelante se desencadenan más turnos de habla entre profesor y estudiante. El conteo de las intervenciones se resume en 6 momentos de lectura, 143 del profesor y 140 de la estudiante (Figura 19) que se corresponden con tiempos de 9:41 minutos, 46:04 minutos y 19:20 minutos (Figura 20). Es decir que aunque prácticamente profesor y estudiante tuvieron los mismos turnos de habla, predomina en tiempo la participación del profesor (Figura 21) que se nota por los mayores tiempos de sus declaraciones (Figura 22). En este caso las intervenciones del profesor son de tipo aclarativo y las de la estudiante de tipo consultivo.



Tabla 5. Información de 14 sesiones transcritas

Sesión	Fecha	Estudiantes participantes	Año académico de los estudiantes	Duración sesión	Número total Declaraciones	Número de declaraciones estudiantes	Número de Palabras (transcripción)	
1	3a	24 de febrero de 2010	1	Segundo	1:12:34	294	140	8,153
2	3b	25 de febrero de 2010	5	Segundo	1:23:59	709	348	11,422
3	4a	3 de marzo de 2010	3	Segundo	1:14:48	259	128	7,202
4	4b	4 de marzo de 2010	4	Segundo	1:13:59	328	179	8,159
5	5a	10 de marzo de 2010	3	Segundo	1:24:14	344	182	9,626
6	Curso regular	14 de febrero de 2011	22	Tercero	1:38:23	432	227	10,032
7	4	8 de marzo de 2011	3	Tercero	1:23:46	600	291	10,765
8	Curso regular	2 de septiembre de 2011	26	Tercero	1:22:56	714	371	10,782
9	7	6 de septiembre de 2011	4	Tercero	1:05:02	862	386	10,717
10	9	4 de octubre de 2011	5	Tercero	0:13:56	116	50	2,016
11	4	5 de marzo de 2012	9	Cuarto	1:16:50	904	581	14,311
12	7	9 de abril de 2012	7	Cuarto	1:21:40	637	287	8,697
13	8	16 de abril de 2012	7	Cuarto	1:39:54	845	311	14,139
14	9	23 de abril de 2012	5	Cuarto	1:12:58	697	396	12,037
Total					16:32:01	3,877	6,449	138,058

La Figura 7 corresponde a la sesión 3b del 2010-1. En esta sesión el grupo que originalmente estaba conformado por 4 integrantes contó con la presencia de una estudiante del otro grupo. Los primeros momentos son ocupados por comentarios del profesor y fragmentos de lectura. Los estudiantes comienzan su participación en el minuto 10 estableciéndose turnos de habla con el profesor y con las lecturas. Después del minuto 36 y hasta el tiempo 1:04:00 (h:mm:ss) no se hace más lectura y todas las intervenciones son entre los estudiantes y el profesor. Se han incluido también intervalos de silencio, de risas, de habla simultánea (identificada como “varios”), para destacar la presencia de otros momentos que tienen significación. Un silencio es indicativo de un espacio de reflexión ante la búsqueda de claridad del pensamiento; la risa es una expresión que manifiesta en general gozo, alegría, o también burla; los momentos de habla simultánea aparecen en situaciones en las que se expresa algo tan espontáneo que no se respeta un turno.

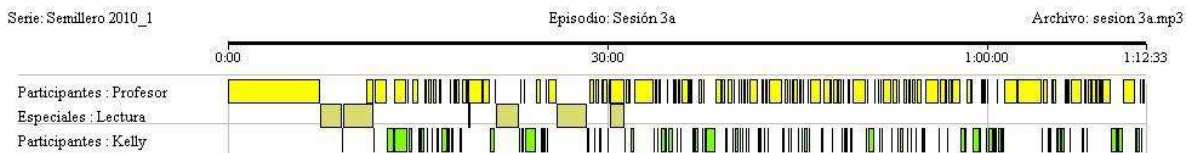


Figura 6. Mapa de interacciones en la sesión 3a (2010)<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Para una mejor visualización de los gráficos, estos se presentan en el Anexo 10 en un formato mayor

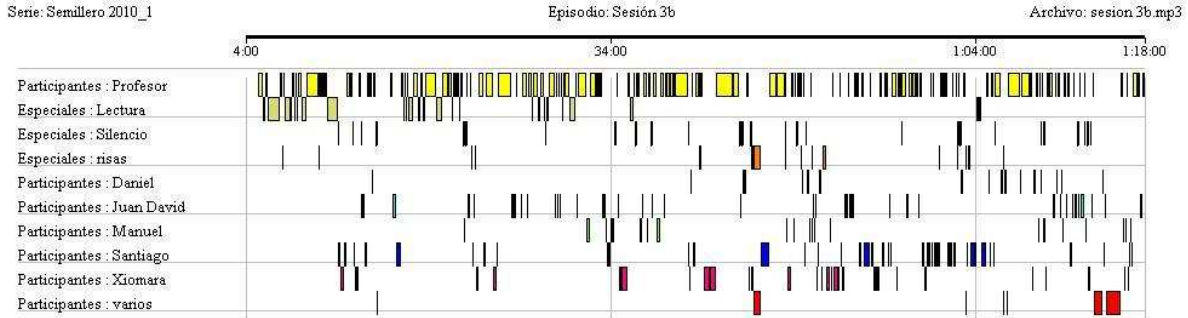


Figura 7. Mapa de interacciones en la sesión 3b (2010)

En la sesión 4a (2010-1) (Figura 8) se han marcado como “conversaciones fuera” algunos momentos que no hicieron parte de la argumentación relacionada con la lectura, pero en general se mantienen los turnos entre el profesor y los estudiantes con algunos momentos de lectura concentrados entre el minuto 58:50.3 y el tiempo 1:02:42.0.

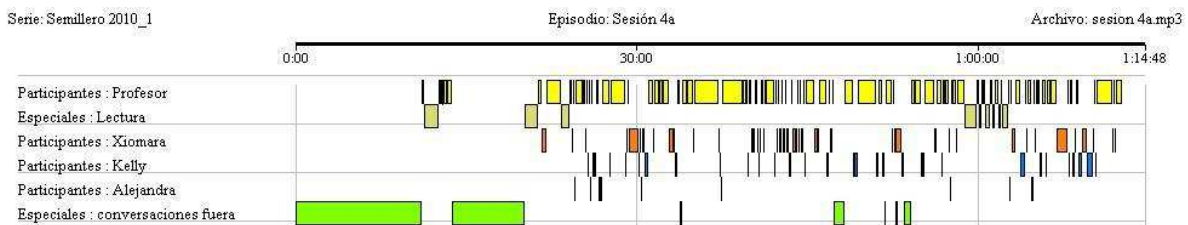


Figura 8. Mapa de interacciones en la sesión 4a (2010)

En la sesión 4b (2010-1) (Figura 9) la lectura se concentra entre el minuto 4:05.5 y el minuto 12:10.4. En el resto de la sesión se presentan los turnos de habla entre el profesor y los estudiantes. Similar ocurre en la sesión 4 (2011-1) (Figura 10) donde la lectura se concentra entre el minuto 16:16.3 y el 19:22.2. Se destaca en este caso una participación mucho más activa de un estudiante (Santiago).

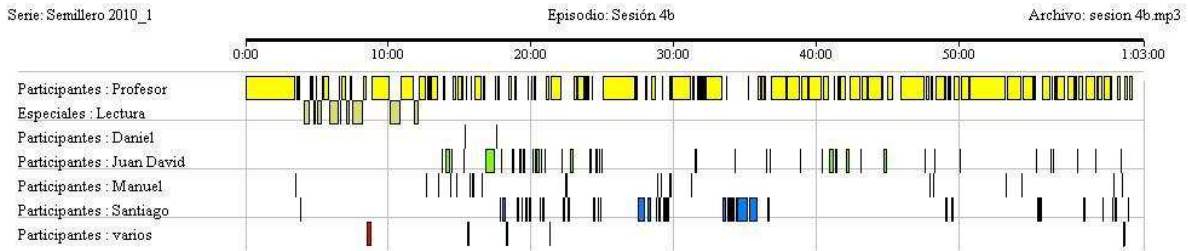


Figura 9. Mapa de interacciones en la sesión 4b (2010)

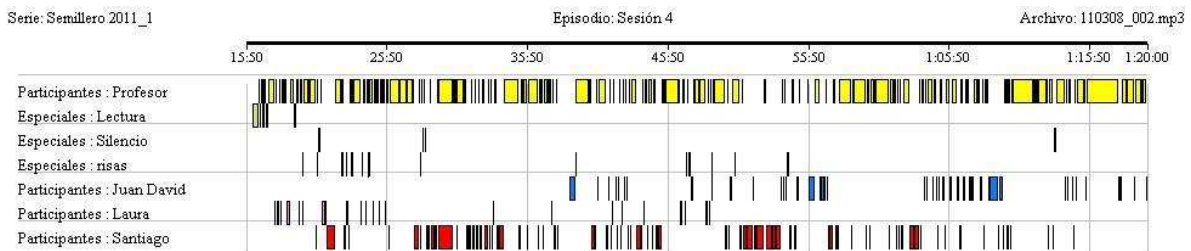


Figura 10. Mapa de interacciones en la sesión 4 (2011)

En la sesión 7 (2011-2) (Figura 11), se identifican momentos de lectura al comienzo, en medio de la sesión y antes del final, mientras que en la sesión 9 (2011-2) (Figura 12) se presentan hasta 13 momentos de lectura que se intercalan entre los turnos de habla de profesor y de los estudiantes. La sesión 9 (2011-2) (Figura 12) aparece más corta que las demás porque solo se transcribió lo correspondiente a la actividad de la lectura, común con las otras.

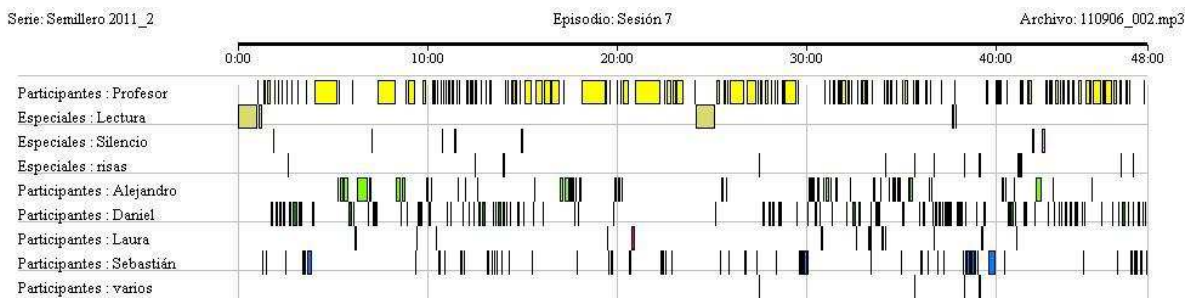


Figura 11. Mapa de interacciones en la sesión 7 (2011)

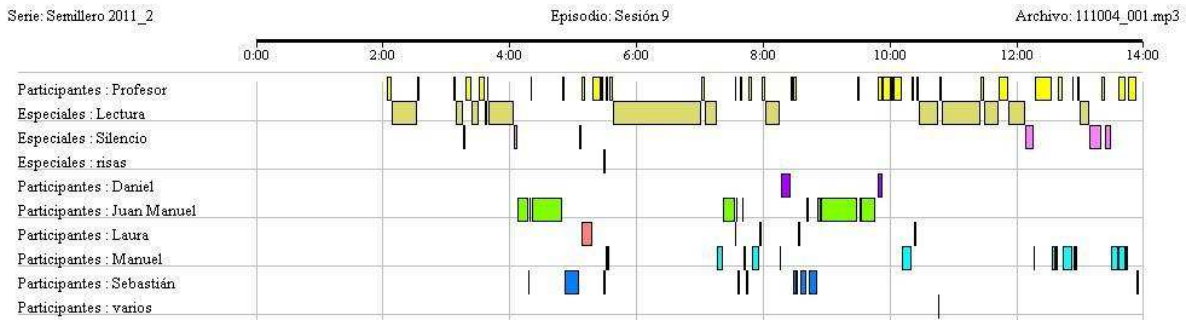


Figura 12. Mapa de interacciones en la sesión 9 (2011)

La Figura 13 corresponde a una sesión realizada en un curso regular de mecánica de fluidos con 22 estudiantes (2011-1). En este caso se presentó a los estudiantes algunos fragmentos de la lectura los cuales fueron discutidos con ellos. Se observa una buena interacción entre el profesor y los estudiantes. Se ha identificado con la marcación “Estudiante” la participación de cualquier estudiante, dado que no es el propósito en este caso diferenciarlos.



Figura 13. Mapa de interacciones en el curso regular (2011-1)

La Figura 14 corresponde a otra experiencia en un curso regular de mecánica de fluidos de 26 estudiantes (2011-2). En este caso no se identifican momentos de lectura porque no los hubo para todo el grupo al mismo tiempo como había sido hasta entonces. A cada estudiante se le entregó una copia con fragmentos de la lectura con 5 preguntas asociadas. Los estudiantes podían reunirse en pequeños grupos de dos a cuatro integrantes para responder las preguntas por escrito cada uno. De esta manera los estudiantes interactuaban en los pequeños grupos y con el

profesor. Como en el caso anterior, en el gráfico se ha identificado la intervención de cualquier estudiante con el mismo nombre (“Estudiante”). Se destaca aquí el alto número de turnos de habla. El espacio en blanco entre el minuto 40:20.7 y el minuto 44:56.4 es debido a una salida que el profesor hizo del aula.

Estos resultados son en parte garantía del establecimiento de las condiciones planteadas en el primer objetivo de la investigación con las cuales se pretendía el desarrollo de una intensa actividad interactiva con los estudiantes.

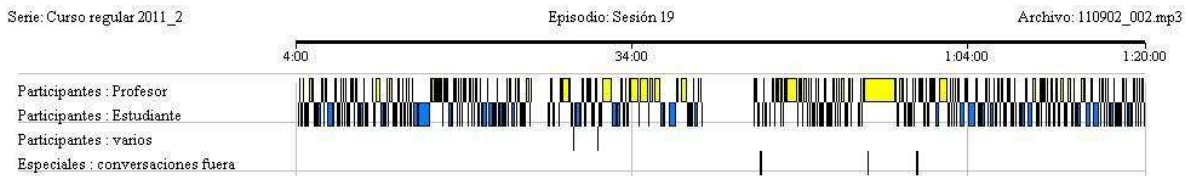


Figura 14. Mapa de interacciones en el curso regular (2011-2)

En 2012 se realiza el trabajo de implementación con la misma lectura pero esta vez con unas preguntas adicionales (véase el Anexo 3). Cada estudiante recibe el texto y las preguntas, de manera que la discusión se orienta de manera más especial a tales preguntas. En la sesión 4 del 2012 (Figura 15), el tiempo de lectura ocurre en un corto tiempo del inicio de la sesión que basta para que se desarrolle la interacción entre los participantes. En este caso el número de intervenciones de los estudiantes y el tiempo de participación es mayor que el del profesor, contrario a lo que se presentaba por ejemplo en la sesión 3b del 2010 (Figura 19 y Figura 20). Esta diferencia pudiera explicarse por el mayor número de estudiantes pero también porque en este caso están cursando su cuarto año de estudios universitarios, lo cual les permite abordar las situaciones de una manera diferente, con mayor seguridad (sobre esto presentaremos un análisis más adelante). Tres estudiantes (Juan David, Manuel y Santiago)



habían participado en el grupo del 2010. En la Figura 15 se observa que la participación de Juan David y de Manuel en la sesión 4 (2012) es mucho menor de lo que había sido en la sesión 3b (2010), pero que la de Santiago sigue siendo tan activa como lo había sido antes. En esta sesión los estudiantes entran en una discusión que propicia la lectura pero que los lleva a otras nuevas situaciones que mantienen relación con la lectura y que están más conectadas con la experiencia propia de ellos mismos. En la sesión 4 y la 7 de 2012 (Figura 15 y Figura 16) se discute el texto completo y las preguntas asociadas al mismo (véase el Anexo 3); tres preguntas se discuten en la sesión 4 (2012) y las restantes en la sesión 7 (2012).

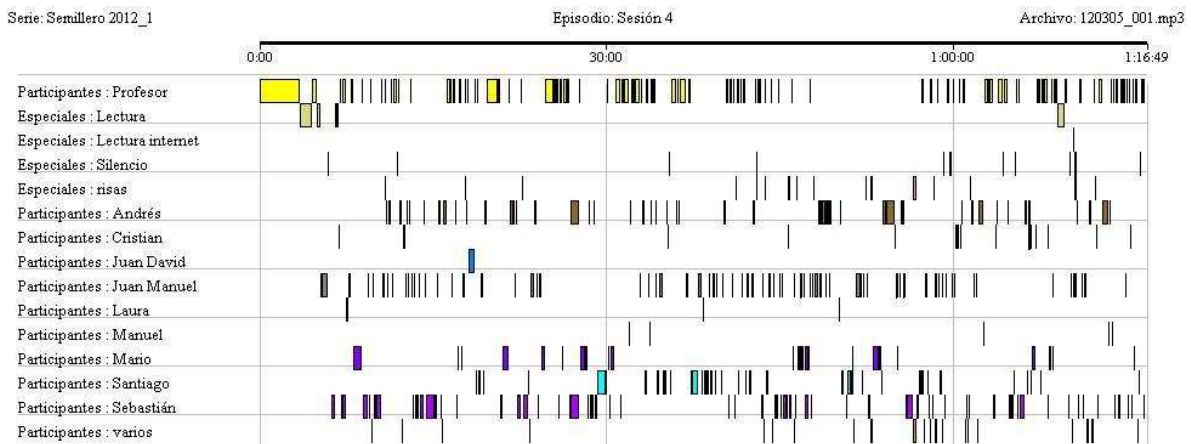


Figura 15. Mapa de interacciones en la sesión 4 (2012)

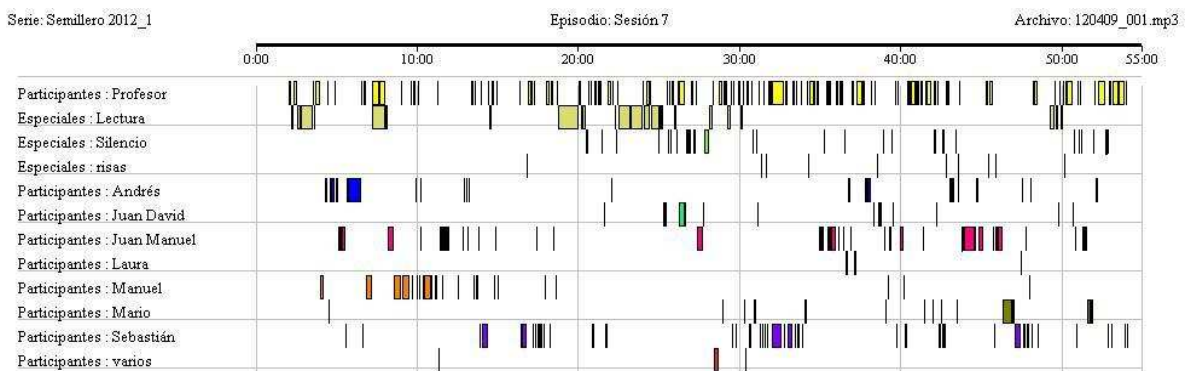


Figura 16. Mapa de interacciones en la sesión 7 (2012)

En las sesiones 8 y 9 de 2012 (Figura 17 y Figura 18) la discusión se lleva a cabo sobre las respuestas escritas por los estudiantes a las preguntas del texto, las cuales habían sido respondidas en las sesiones 5 y 6 que tuvieron lugar después de la sesión 4. El objetivo de las sesiones 8 y 9 fue el de producir declaraciones luego de dos experiencias de discusión argumentativa sobre el mismo tema, la primera realizada en el aula mediante la interacción oral (sesión 4, que luego se continuó en la sesión 7) y la segunda mediante el ejercicio escrito (las sesiones 5 y 6). En el caso de las sesiones 8 y 9, las lecturas se refieren básicamente a las respuestas escritas de los estudiantes más que al texto original. Esa es la razón por la que en los mapas de interacción (Figura 17 y Figura 18) se presentan tantas intervenciones cortas de lectura.

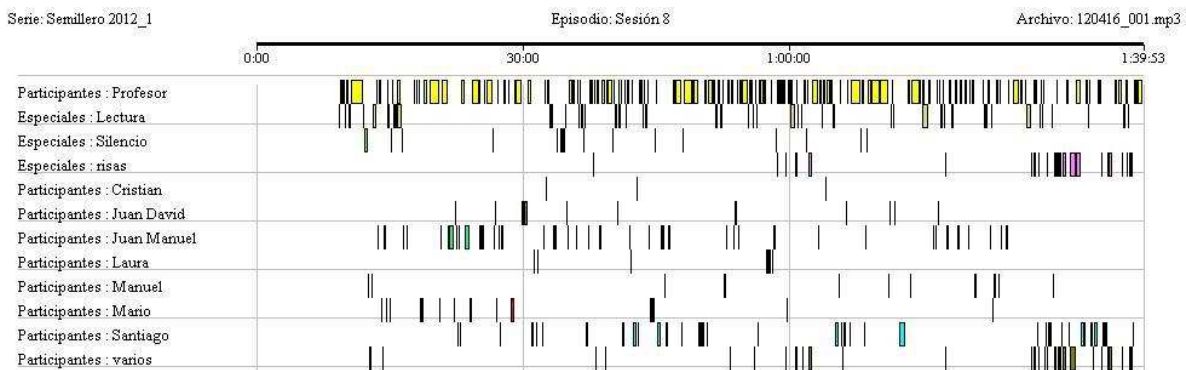


Figura 17. Mapa de interacciones en la sesión 8 (2012)

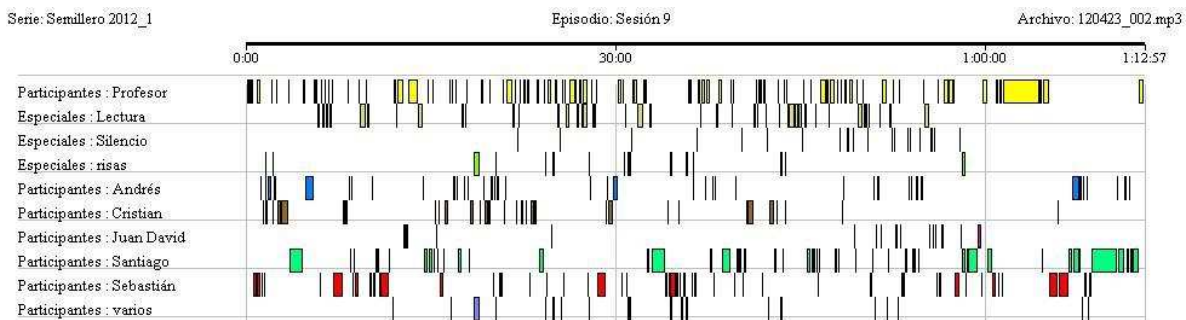


Figura 18. Mapa de interacciones en la sesión 9 (2012)





Los mapas de interacción de todas las 14 sesiones muestran una rica participación de los estudiantes. La Figura 19 y la Figura 20 resumen el total de intervenciones y tiempos de los diversos tipos de participantes (incluyendo la lectura, el silencio, las risas y las intervenciones simultáneas –“varios”-) mostrando una significativa participación de los estudiantes y del profesor.

No queremos caer aquí en la trivialidad de decir que las condiciones del ambiente en el aula permitieron una alta interacción. Aunque eso es cierto, el objetivo es claro en proponer el establecimiento para que la argumentación contribuya al aprendizaje de las ciencias en estudiantes de ingeniería (p. 24 ). Por tanto hablamos aquí de una interacción con significado, el cual será evaluado mediante el análisis del discurso en los siguientes apartados. Por supuesto, el análisis de la interacción no se limita a los turnos de habla sino que se extiende a los análisis del discurso.

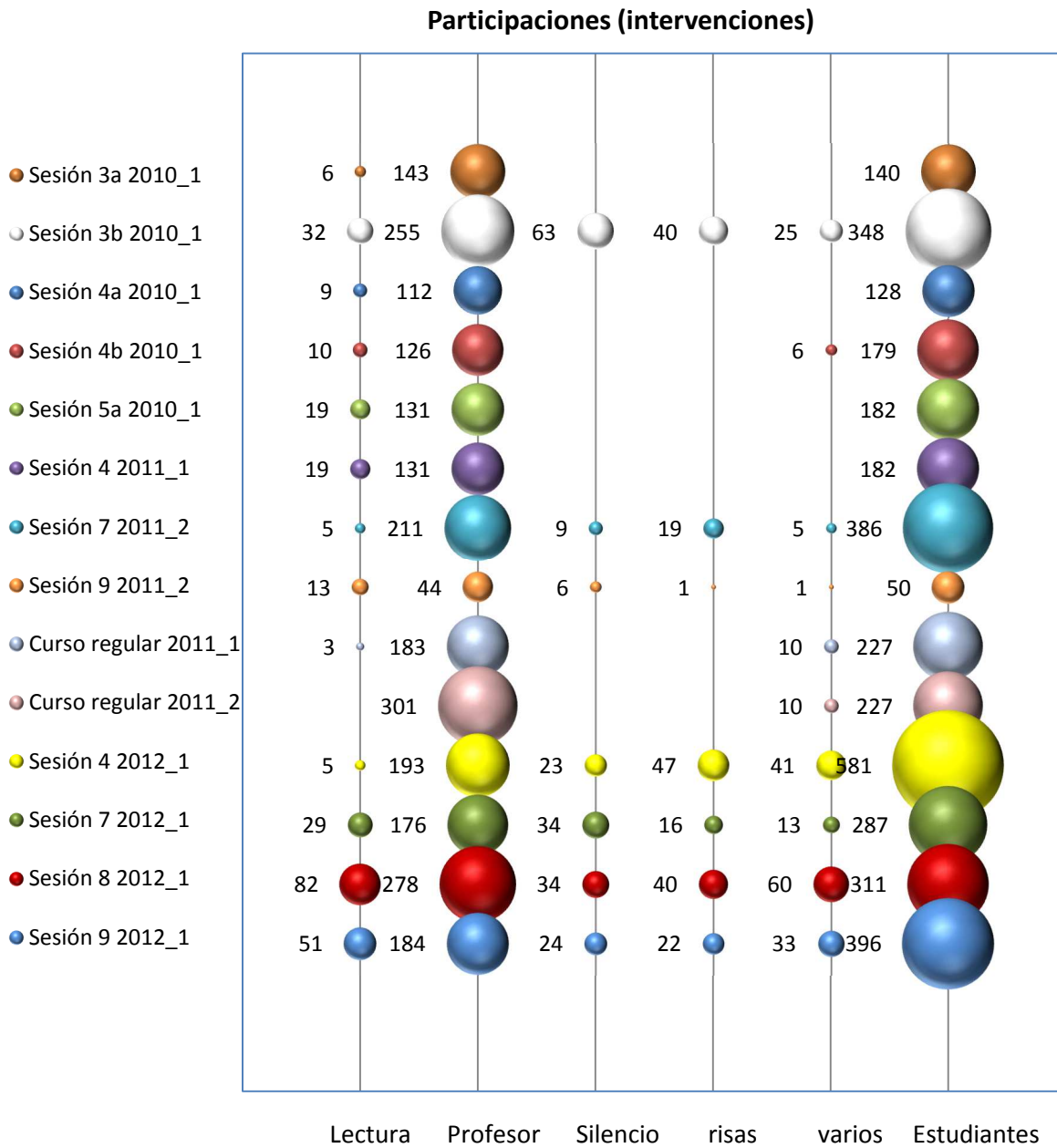


Figura 19. Gráfico resumen de las intervenciones en las sesiones

### Participaciones (tiempos)

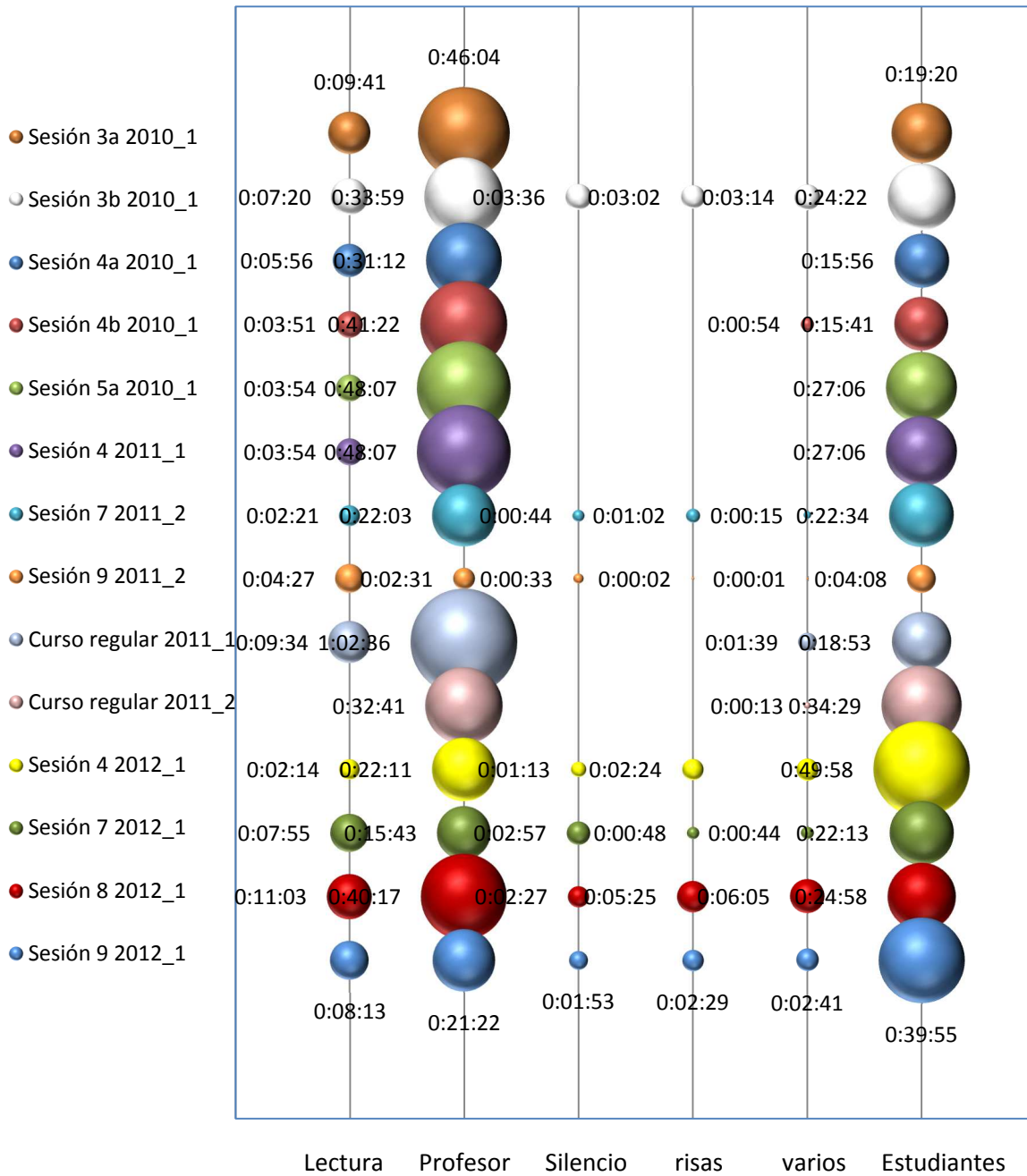


Figura 20. Gráfico resumen de los tiempos de participación en las sesiones

En la Figura 21 se resumen las relaciones entre las intervenciones de los estudiantes y las del profesor, tanto en número como en tiempos. En general, las relaciones tienen valores mayores que uno, es decir, que las intervenciones de los estudiantes fueron mayores tanto en número como en tiempo.

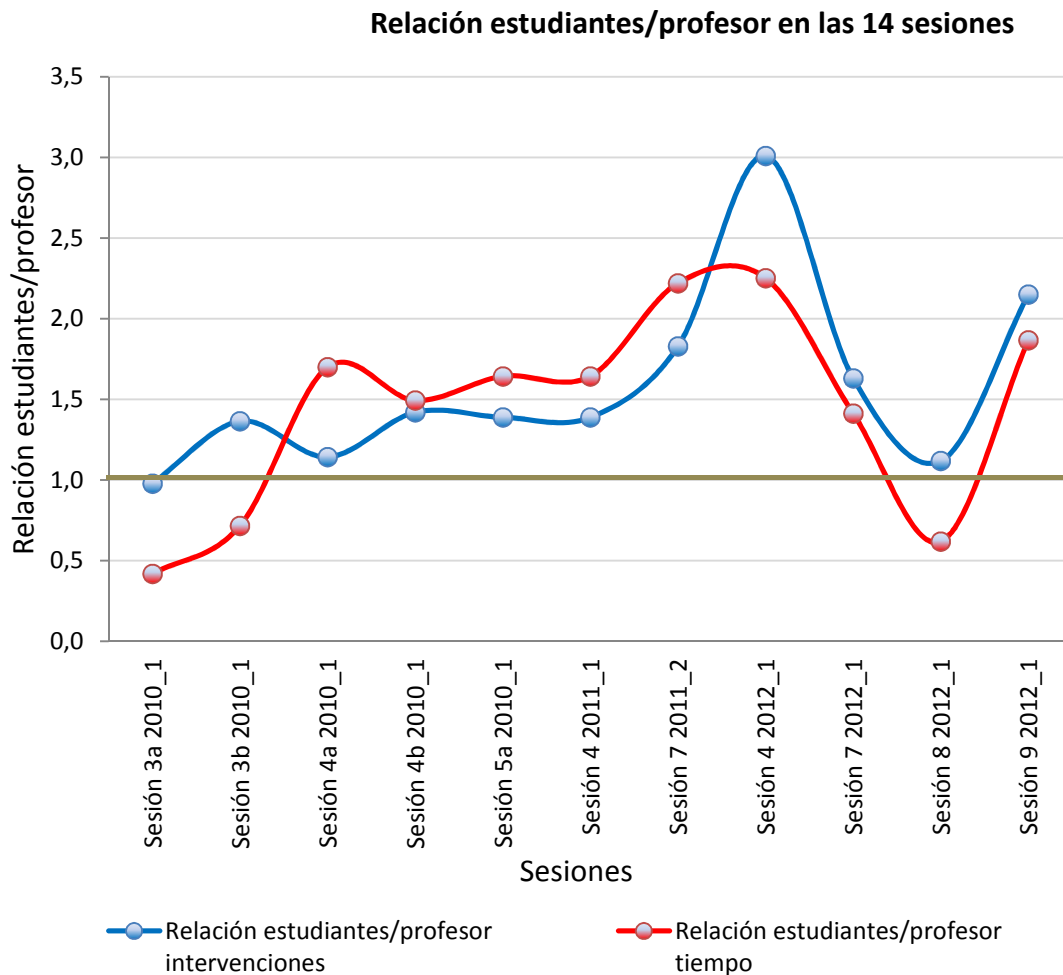


Figura 21. Relación estudiantes/profesor en las 14 sesiones en intervenciones y tiempos

La Figura 22 presenta los tiempos promedio de las declaraciones de los estudiantes y el profesor. Estos tiempos oscilan entre 3 y 22 segundos

siendo más regulares en el caso de los estudiantes, que exceptuando la sesión 3b de 2010-1, oscilan entre 4 y 9 segundos.

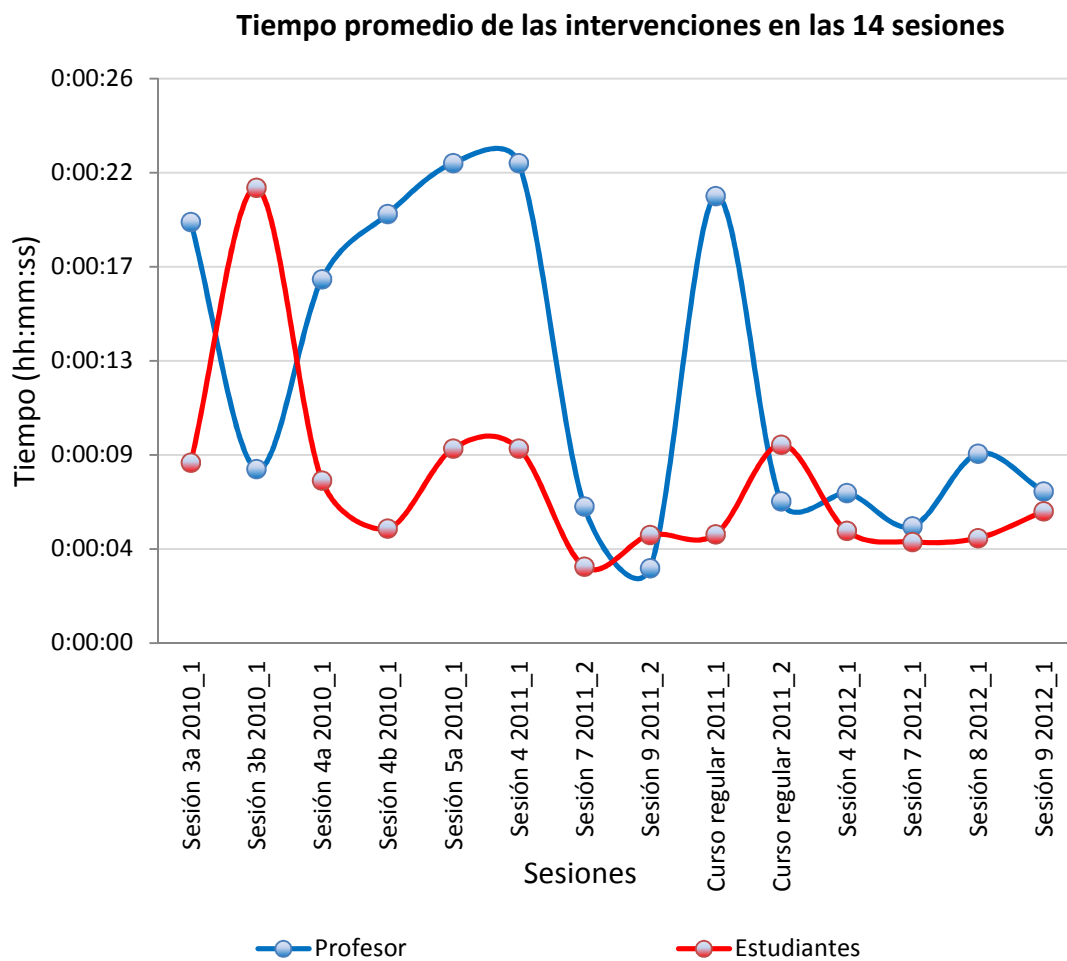


Figura 22. Tiempo promedio de las intervenciones en las sesiones

Los resultados anteriores permiten concluir que en efecto las sesiones se desarrollaron con una buena interacción caracterizada por turnos de habla equilibrados entre profesor y estudiantes. También, la relación entre los tiempos de lectura y los tiempos de intervención de los estudiantes (Figura 23) muestra que en todas las sesiones siempre fue superior el

tiempo de intervención de los estudiantes con relación a la lectura. Se han omitido en este gráfico la sesión 9 (2011) por su particularidad con respecto a las demás sesiones y los cursos regulares en los cuales la lectura no se hacía necesariamente en voz alta como en el caso de los grupos pequeños de las demás sesiones.

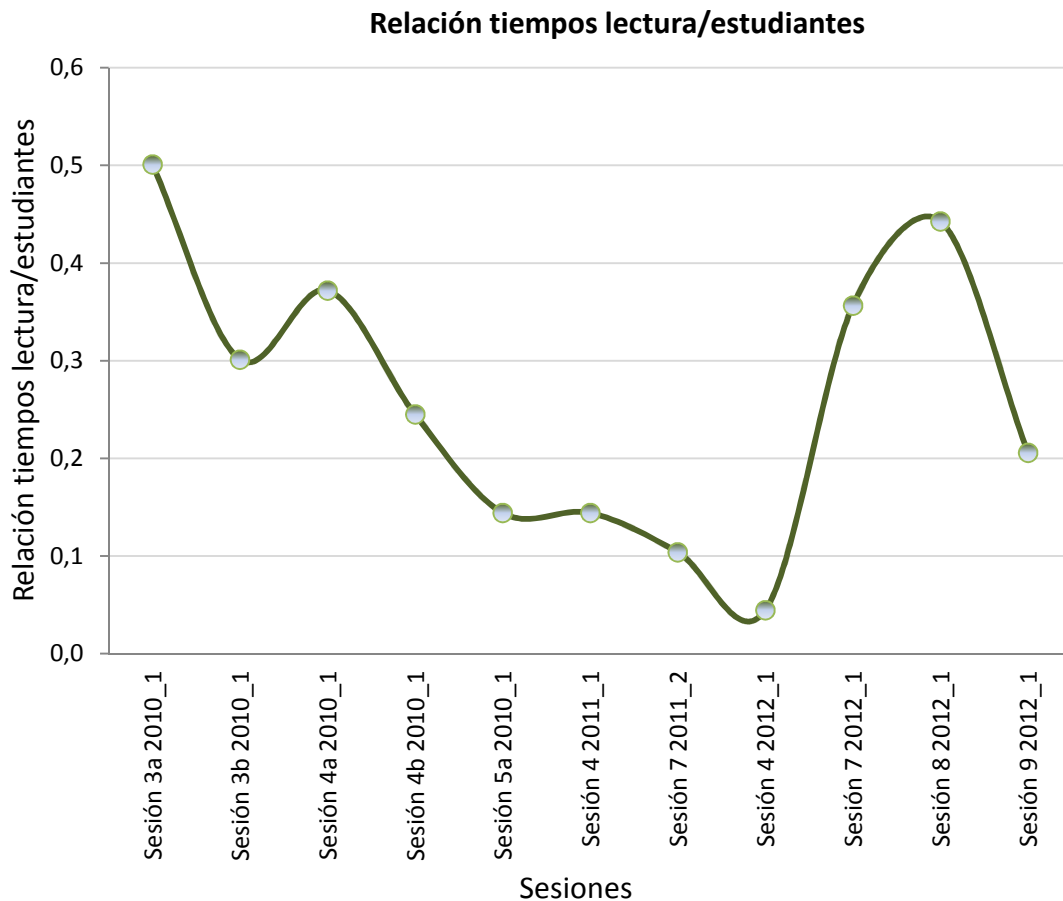


Figura 23. Relación entre los tiempos de lectura y de intervención de los estudiantes

Los resultados anteriores caracterizan el desarrollo de las sesiones en el aula desde el punto de vista de los turnos de habla en la interacción. A continuación presentaremos los análisis que nos permitan caracterizar el



proceso argumentativo desarrollado en esa interacción y darle un significado propio a cada turno de habla.

### **5.3 Análisis del proceso argumentativo**

El análisis del proceso argumentativo se llevó a cabo para 5 de las 14 sesiones. El criterio de selección fue tener el mismo tema desarrollado durante la sesión. En las 5 sesiones seleccionadas, la implementación se llevó a cabo sobre la lectura de las paradojas hidrostáticas. Se escogió la sesión 3b del 2010-1 teniendo en cuenta que fue la del mayor número de estudiantes participantes en ese semestre. Las demás correspondieron a aquellas del 2012-1 que hicieron parte del diseño de implementación ya descrito, y en la cuales se llevó a cabo la interacción oral (sesiones 4, 7, 8 y 9). En ese diseño se registran también declaraciones escritas en las sesiones 5, 6 y 10.

Para el análisis del proceso argumentativo se utilizaron como marcadores del discurso los 19 elementos relacionados con los ítems del protocolo ASAC (Tabla 1). Tomando en cuenta estos elementos se identificaron y marcaron las declaraciones de los estudiantes en las transcripciones de las 5 sesiones seleccionadas. Los resultados y análisis de estas marcaciones se presentan a continuación.

#### *Sesión 3b (2010-1)*

En el caso de la sesión 3b (2010-1) se identificaron 13 de los 19 elementos del proceso argumentativo (Figura 24). Aquellos elementos que no fueron identificados corresponden a la declaración alternativa (c-c)<sup>9</sup>, la declaración de reclamación de inconsistencia (c-c), la declaración de

---

<sup>9</sup> Entre paréntesis se identificará la categoría a la que pertenece la declaración: conceptual-cognitiva (c-c), epistémica (E) o social (S)

evidencia (E), la declaración de examinación de evidencia (E), la declaración de evaluación de datos (E) y la declaración de respeto y consideración (S). Siendo esta identificación una acción interpretativa del investigador, pudiera tener diferentes resultados según quién la realiza o según el momento en el que se realiza (siendo incluso la misma persona). Para mejorar este procedimiento, el ejercicio de interpretación fue realizado con un entrenamiento en diversos momentos para el mismo corpus discursivo de una sesión (la sesión 3b de 2010). Destacamos también aquí la validación realizada por los investigadores proponentes del protocolo ASAC según la cual el protocolo fue mejorado para garantizar que el resultado entre varios evaluadores pudiera ser lo suficientemente preciso y similar (ver apartado 7.a), p. 48-64). Cabe aquí aclarar también la diferencia entre el uso del protocolo ASAC y el análisis del discurso llevado a cabo. Si bien el protocolo mide en escala Likert cada ítem (o elemento), en el análisis del discurso que se desarrolló, cada declaración fue examinada desde todos los elementos del protocolo. Podría en ese caso encontrarse en una misma declaración varios elementos del protocolo ASAC a la vez. En ese sentido el protocolo se constituye en la evaluación de las declaraciones de la sesión, mientras que el análisis del discurso llega hasta la estructura de cada declaración.

Pudiera depender también la identificación de la consideración que pueda hacer el investigador de las declaraciones implícitas. Considerando este aspecto, en esta investigación se trató de hacer la identificación sobre las declaraciones explícitas. Debido a ello es que no aparecen identificadas por ejemplo declaraciones de respeto y consideración, aunque ciertas declaraciones indican ello de manera implícita. La ausencia de las demás declaraciones que se han listado arriba, puede explicarse para esta sesión 3b (2010) porque tales declaraciones corresponden a niveles más elevados



del proceso argumentativo. Por ejemplo, presentar una declaración alternativa indica que se cuenta con más opciones explicativas, lo cual deja entender que no solo se conoce la situación presentada sino que incluso ya se ha tenido experiencia con otras que se le relacionan; la reclamación de inconsistencia es una muestra de que se reconoce la incoherencia de una idea de acuerdo con los conceptos o con las teorías y leyes aceptados y probados en la ciencia lo cual exige un firme conocimiento previo; la ausencia de una declaración de este tipo es natural cuando no se tienen conceptos sólidos relacionados con las situaciones que se estén analizando; las declaraciones de evidencia y de evaluación de datos serían una demostración de la familiaridad previa del participante con el objeto de estudio, lo que le permitiría presentar pruebas para demostrar, o por el contrario refutar las ideas expuestas. En el caso de la sesión 3b (2010), aunque los estudiantes han recibido una formación básica en física, no ha sido muy cercana su relación con la mecánica de fluidos. Es natural entonces que estas declaraciones no aparezcan cuando prácticamente los estudiantes apenas están todavía reconociendo e interpretando las situaciones que se les presentan.

La participación de los estudiantes en la sesión 3b (2010) (Figura 24) comienza con una declaración de invitación a participar (S), una de refuerzo comunicativo (S), una declaración de autorreflexión (S), una explicación (c-c) y una reclamación de incredulidad (c-c) que corresponden a las siguientes:

Declaración de invitación a participar (S):

(0:10:25.4)

“E1: la puedo volver a leer↑ (0:10:26.8)

...

E1<sup>10</sup>: que vayan opinando ellos mientras yo leo otra vez (0:10:33.6)”.

Declaración de refuerzo comunicativo:

(0:11:38.4)

“E1: dice que abajo de la persona hay otra vez el mismo o sea otra columnita más pequeña por decirlo (0:11:47.0)”.

Declaración de autorreflexión:

(0:13:08.3)

“E1: mm::: como aquí me dicen que, que se cambia por un objeto pues de la misma densidad, no sé (0:13:17.1)”.

Declaración de explicación:

“(silencio) (0:13:31.8)

E1: que le falta tener en cuenta más cosas para decir si:: (0:13:35.1)

E2: o sea si ( ) (0:13:36.7)

E1: que con lo que está proponiendo que ( ) que él dice, hacen falta elementos, para determinar pues porqué no se hunde, si hay presión no hay presión (0:13:46.3)

E2: no porque él dice que que la que es, o sea que el cuerpo que pone en esa columna A va a flotar entonces no va a ejercer ninguna presión sobre sobre él, sobre la persona (0:13:58.7)”

Declaración de reclamación de incredulidad:

“Silencio (0:14:47.1)

---

<sup>10</sup> Nota: El verdadero nombre de los estudiantes ha sido remplazado por E1, E2, etc. refiriéndose E1 a quien primero aparece en el fragmento. Por tanto no corresponde al mismo estudiante en fragmentos diferentes aunque sí en el mismo fragmento.

E1: pero no hay que tener en cuenta que es un cuerpo sólido↑ pues no sé (0:14:50.2)

...

E1: pero no, no me parece que sea como lo mismo (0:14:56.8)”

La primera declaración de la categoría epistémica que se presenta es la declaración de distinción o conexión (E) en el minuto 34:56.9 acompañada sin embargo de declaraciones de la categoría social de autorreflexión (S), refuerzo comunicativo (S) e invitación a participar (S):

“E1: pues igual aquí en esta compuerta está llegando como el, como el mismo impulso de agua, pues a pesar de que aquí al lado se se le, se le quite como esa, no↑, ahí en ese pedazo está llegando como lo mismo a pesar, porque, o sea, la que está aquí a los lados no le está haciendo como la fuerza directamente a la placa sino que es la que le está llegando acá como a la medida de ella pues no sé (0:35:22.7)”.

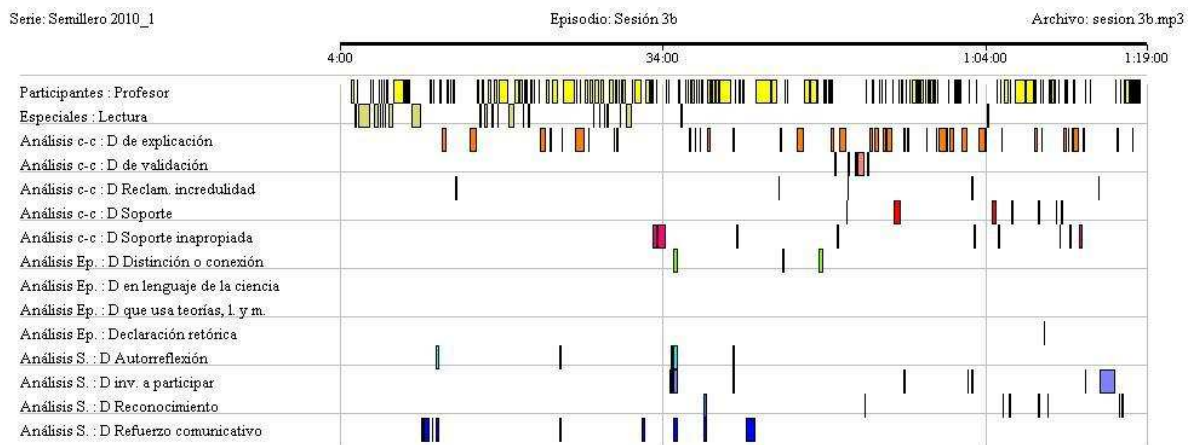


Figura 24. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 3b (2010)<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Para una mejor visualización de los gráficos, estos se presentan en el Anexo 10 en un formato mayor

Como se observa en la Figura 24, los elementos en la primera media hora de la sesión 3b (2010) son de la categoría social y de la conceptual-cognitiva. Posterior a la aparición de la primera declaración de la categoría epistémica en el minuto 34:56.9, que corresponde a la declaración de distinción o conexión (E) van presentándose declaraciones de las tres categorías.

Con el fin de presentar al lector un análisis del discurso de las 5 sesiones que pueda servir de base para diferentes marcos referenciales (sea el utilizado para el proceso argumentativo o el que corresponde a la discusión crítica –la Pragma-dialéctica–), se han seleccionado algunas declaraciones que pueden ser revisadas directamente en este informe. En el caso de la sesión 3b (2010), se reúnen en la Tabla 6.

La situación del texto narrativo (las paradojas hidrostáticas) hace referencia a cuando se pretende disminuir la fuerza sobre el fondo de un recipiente disminuyendo el volumen que este contiene pero conservando la profundidad del líquido (véase el Anexo 2). Como la fuerza y la presión tienen una relación directa que también la tienen el volumen y el peso (que es una fuerza), ante una situación como esta, la lógica silogística llevaría a deducir que si el peso (de un fluido líquido) aumenta con el volumen, y que si la fuerza (sobre el fondo de un recipiente) aumenta con la presión (del fluido), como la fuerza es un peso, entonces si el volumen disminuye también lo hará el peso y por lo tanto la fuerza y la presión. Pero existe otra condición que no se ha considerado en el razonamiento anterior, y es que la presión depende de la densidad del fluido y de la profundidad. Por tanto, sin importar la forma del volumen del fluido, la presión depende de la profundidad. En torno a esta situación es que se desarrolla la interacción argumentativa sobre la cual se discute en esta sesión.



En el fragmento de la Tabla 6 los estudiantes manifiestan estar de acuerdo con lo dicho en la primera parte del párrafo anterior hasta que en el minuto 34:44.2 aparece una declaración (del estudiante E2) que hemos identificado como declaración de autorreflexión (S) y declaración de invitación a participar (S) y que cambia la posición presentada hasta el momento. Luego, en el minuto 34:56.9, el mismo estudiante E2 hace una declaración de distinción o conexión (E), de refuerzo comunicativo (S), de autorreflexión (S) y de invitación a participar (S). Con esa declaración se da inicio a la aparición de otras más tanto del tipo conceptual-cognitivo como del epistémico que llevan a la resolución correcta de la situación (Figura 24).

Tabla 6. Fragmento de la transcripción de la sesión 3b (2010)

Tiempo (h:mm:ss)	Declaraciones de los estudiantes en la sesión 3b (2010)	Tiempo (h:mm:ss)
0:21:59.7	E1: pues, si hay menor cantidad de agua debe haber menos presión	0:22:02.5
0:23:00.1	E2: pues yo también pienso que sí se tiene que reducir ahí la presión	0:23:04.4
0:23:05.5	E2: ya nada más está pues ocupando obviamente un espacio menor de agua	0:23:10.9
0:33:11.2	E3: en estos momentos él cambió esto, entonces hay menos agua, entonces hay menos fuerza debido al agua	0:33:15.4
0:33:52.3	E4: entonces sí se va a disminuir la presión sobre la compuerta porque hay menos agua, y ese peso del sólido no cuenta	0:34:04.4
0:34:44.2	E2: pero es que y la forma, o sea igual ahí en esa partecita no está llegando, o sea aquí a la compuerta no llega como como el mismo, o sea a pesar de que, a pesar de que el agua sea como, ay no sé cómo explicarlo	0:34:55.5
0:34:56.9	E2: pues igual aquí en esta compuerta está llegando como el, como el mismo impulso de agua, pues, a pesar de que aquí al lado se, se le, se le quite como esa, no?, ahí en ese pedazo está llegando como lo mismo, a pesar, porque, o sea, la que está aquí a los lados no le está haciendo como la fuerza directamente a la placa, sino que es la que le está llegando acá como a la medida de ella, pues no sé	0:35:22.7
0:53:04.0	E2: o sea, obviamente la profundidad sí se tenía en cuenta, yo estoy hablando es de, del agua, o sea que esto aquí, o sea, lo que importaba era lo que tocaba directamente como a la plaquita	0:53:14.7
1:02:28.6	E2: pero la presión aumenta por la profundidad del agua, ¿no?	1:02:31.2
1:02:40.9	E5: o sea, todavía tengo mucha duda en eso profe, pues, por qué dicen que es	1:02:44.5
1:02:49.0	E5: no, yo digo que como hay disminución de volumen disminuye la presión, es como si yo a este cuerpo yo le pongo otra cosa acá o que se le pare otro nadador encima, este ya no va a recibir la misma presión	1:03:03.8
1:03:10.8	E5: ah, entonces quiere decir que ellos tienen la razón	1:03:13.0
1:08:46.5	E5: es que como dice E2 que pues es contar cómo esté el cuerpo, porque si el cuerpo está así, obviamente el punto de abajo va a tener más presión, entre más profundo, más presión va a tener, entonces como los dos cuerpos están a la misma altura sí van a tener la misma presión	1:09:00.2

En el minuto 53:04.0 el mismo estudiante E2 presenta una declaración de validación (c-c) al insistir en otros conceptos como la profundidad del líquido y el contacto directo con la superficie del fondo (cuando se refiere a

“la plaquita”). Con estas ideas apoya las anteriores declaraciones que había presentado y que continúa sosteniendo en el tiempo 1:02:28.6 cuando en una declaración de soporte (c-c) y de invitación a participar (S) pide la validación de los demás participantes.

Sin embargo, como el desarrollo del pensamiento es independiente en cada estudiante, la claridad de uno no necesariamente es la de los demás, a pesar de que aquí la exteriorización de las ideas propicie la evolución en las ideas de todos. Es el caso del estudiante E5 que en el tiempo 1:02:40.9 hace una declaración de incredulidad (c-c) seguida de una de soporte inapropiada (c-c) en el tiempo 1:02:49.0. Ya en el tiempo 1:03:10.8 en una declaración de autorreflexión (S) admite que los otros “tienen la razón”, aunque lo hace más por una deducción que por su propio convencimiento; pero en el tiempo 1:08:46.5 en una declaración de soporte (c-c) y de reconocimiento del otro (S) muestra claridad incluso presentando la conclusión de que como “dos cuerpos están a la misma altura sí van a tener la misma presión”.

Teniendo en cuenta estos resultados del análisis del discurso para esta sesión, se obtendría una calificación de 26/57 aplicando el protocolo de observación ASAC. La (Tabla 11) presenta el valor asignado a cada ítem del protocolo. De acuerdo con el procedimiento llevado a cabo por Sampson et al. (2012) para la evaluación de la confiabilidad del instrumento en el uso por varios evaluadores, es de esperarse que la calificación no tenga una diferencia significativa si fuera realizada por otro evaluador.

Desde una observación más sistémica podemos observar en la Figura 24 (p. 129 o en el Anexo 10, p. 288 en adelante), cómo se presentan los distintos elementos en las declaraciones a lo largo de la sesión. Las primeras declaraciones de los estudiantes son de aspectos sociales (D. de

refuerzo comunicativo y D. de autorreflexión). Se presentan luego declaraciones de aspectos conceptual-cognitivos (D. de explicación y D. de reclamación de incredulidad). La primera declaración de aspecto epistémico aparece en el minuto 34:56.9 (Tabla 6) (D. de distinción o conexión). A partir de allí se distribuyen las declaraciones en los tres aspectos pasando por ejemplo del social al epistémico, de ahí al conceptual-cognitivo, de ahí al social, de ahí al epistémico, etc. Una observación de este tipo permite caracterizar la sesión y con ello la participación de los estudiantes en el grupo. Aquí son importantes tanto la secuencia con la cual aparecen los elementos en las declaraciones (Figura 24) como también la frecuencia de tales elementos en la sesión total (Figura 29 y Figura 30). Una caracterización de la secuencia permite decir de la sesión 3b (2010) que los estudiantes participan inicialmente con cierta cautela explorando aspectos de orden social y conceptual-cognitivos sin atreverse a exponer declaraciones epistémicas. La Figura 29 y la Figura 30 muestran también que en la sesión predominan las declaraciones de tipo conceptual-cognitivo y social y son pocas las de tipo epistémico. Esta característica parece razonable teniendo en cuenta que es una de las primeras sesiones de implementación con estudiantes que no tienen por costumbre participar activamente en las clases con intención de construir conocimiento por ellos mismos. Se destaca el alto número de declaraciones de explicación, lo cual da cuenta de la buena participación de los estudiantes, así no sean declaraciones que lleguen a niveles altos en lo conceptual-cognitivo como son las declaraciones de soporte y de validación que aparecen en algunas declaraciones, o la declaración alternativa y la de reclamación de inconsistencia que no se identificaron, como ya se había mencionado. En cuanto a las declaraciones de soporte, primero se presentan algunas de soporte inapropiado y después de las primeras declaraciones de distinción y conexión (que son las primeras en



identificarse del aspecto epistémico) aparecen propiamente las de soporte. En la Figura 33 se puede observar el alto número de declaraciones conceptual-cognitivas (98), seguidas por un aceptable número de declaraciones sociales (40) y un bajo número de declaraciones epistémicas (7). Este análisis permite al docente reconocer los aspectos débiles con miras a definir acciones para fortalecerlos. Después de esta sesión 3b (2010), la recomendación sería por tanto fortalecer los aspectos epistémicos. La pregunta sería: ¿cómo lograrlo? Para responderla analizaremos a continuación las siguientes sesiones para las que se diseñó una implementación con el propósito de elevar cada vez más el nivel de la argumentación.

#### *Sesión 4 (2012-1)*

La sesión 4 (2012) se realizó en el primer semestre de 2012. Para este momento la propuesta del ejercicio en el aula había evolucionado del texto narrativo a fragmentos seleccionados del texto (que se presentaban subrayados) y asociados a preguntas (véase el Anexo 3). De esta manera se pretendía concentrar la discusión alrededor de las preguntas teniendo en cuenta que con ello se involucraran los estudiantes más directamente con las situaciones más significativas y conflictivas. En ese momento el grupo de estudiantes se encontraba cursando el cuarto año del programa profesional y tres de los estudiantes habían participado en un grupo de 2010. En este caso, el mapa del tiempo para los elementos del proceso argumentativo (Figura 25) se nota más rico en participaciones que el de la sesión 3b (2010) (Figura 24). La Figura 29 y la Figura 30 que reúnen el número de elementos del proceso argumentativo identificados en las intervenciones (o declaraciones) de los estudiantes confirman esa apreciación. Esta mayor riqueza puede atribuirse a la mayor preparación

académica de los estudiantes. No la vamos a atribuir a que algunos ya hubieran participado en sesiones del ejercicio argumentativo con anterioridad porque como puede verse en la Figura 7 y la Figura 15, tales participaciones previas no implican una mayor actividad posterior (véanse los marcadores de Juan David, Manuel y Santiago en esas figuras).

Se destaca que de los 19 elementos del protocolo ASAC solo dejan de identificarse tres: declaración de reclamación de inconsistencia (c-c), declaración retórica (E), y declaración de evaluación de datos (E). Con respecto a este último elemento, téngase presente que puede aparecer más fácilmente en sesiones prácticas o experimentales (por ejemplo en laboratorio) donde en efecto se ha realizado una toma de datos, que en sesiones como esta, en la que se están evaluando las ideas más que información de datos. La aparición de algunos elementos del proceso argumentativo puede ser entonces también circunstancial, es decir, depende de la situación o de los objetos sobre los cuales se desarrolla el argumento.

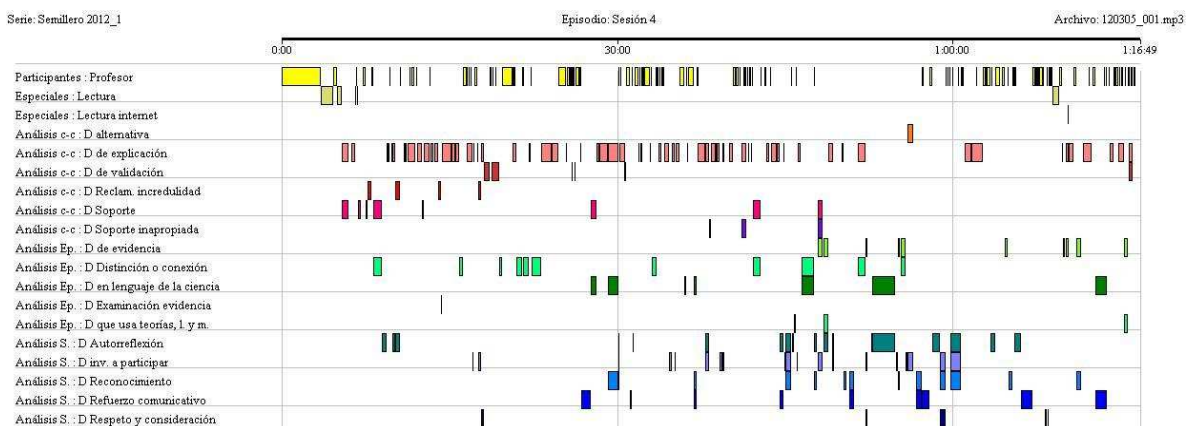


Figura 25. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 4 (2012)

En la sesión 4 (2012) se presentó al comienzo una declaración de explicación (c-c) y de soporte (c-c) en el minuto 5:23.2, mientras que en la sesión 3b (2010) la primera declaración de soporte (c-c) apareció en el

minuto 51:04.0. En esta declaración el estudiante recurre a una imagen, en este caso el cuerpo humano (los oídos), para soportar su explicación:

“(0:05:23.2)

E1: pero obviamente sí tiene algún efecto pues, cuando uno se hunde y le empiezan a doler los oídos eso quiere decir que ya está uno a una presión muy grande ( ) pues en que el cuerpo empieza a sufrir con esa presión, cierto ( ), que uno siente, obviamente sí tiene que haber un efecto ( ) y obviamente cada vez que se sumerja más, la presión va a ser mayor, hasta que llegue un punto que ya el cuerpo humano tal vez no pueda resistirlo (0:05:55.7)”.

Más tarde esta imagen, que aquí le ha servido de soporte, le va a provocar cierta confusión como veremos en el minuto 47:47.1.

La primera declaración de la categoría epistémica aparece en el minuto 8:08.4, también antes que en la sesión 3b (2010) (que aparece en el minuto 34:56.9). Se trata de una declaración de explicación (c-c) con distinción o conexión (E):

“E1: sí, yo si veo la paradoja, pues uno conoce que a mayor profundidad la presión es mayor pero con esa similitud, pues de una columna sólida y él argumenta pues con con cosas válidas que no pesa, no importa el tamaño de esa columna sólida, él dice que no pesa nada puesto que ni se hunde ni sobresale, entonces yo creo que lo que está pasando ahí es que él está despreciando lo que, él sólo está tomando la columna de agua por encima pero la presión es por todos los lados, por eso es que el cuerpo sí siente presión, porque él sólo está hablando de la presión por encima pero al cuerpo también le va a llegar presión pues no sólo en la espalda sino por todo (0:08:53.6)”.

Posterior a esa declaración se producen otras de autorreflexión (S), de soporte (c-c), de reclamación de incredulidad (c-c), de explicación (c-c). Se resalta un periodo de mucha participación de los estudiantes entre el minuto 44:35.5 y el minuto 59:50.3. En ese periodo se pueden identificar a la vez varios elementos (o marcadores) en las declaraciones.

La Tabla 7 reúne algunas declaraciones de los estudiantes durante la sesión 4 (2012). En el minuto 5:23.2 el estudiante E1 presenta una declaración de soporte (c-c) aludiendo a una situación de tipo vivencial que prueba lo que está explicando, que la presión aumenta con la profundidad. En el minuto 18:05.2, el estudiante E6 presenta una declaración de validación (c-c) recurriendo a acuerdos previos (“como uno veía”). En el minuto 24:25.4 el estudiante E3 presenta una declaración de explicación (c-c) provocando un cambio en la situación que se viene tratando porque introduce otro elemento, en este caso un cuerpo sólido, aunque se estaba tratando con un cuerpo fluido. Más adelante en el minuto 27:42.8 interviene sobre lo anterior con una declaración de soporte (c-c) donde además se reconoce una declaración de un lenguaje propio de la ciencia (E) cuando se refiere a “corte” (el esfuerzo cortante) al cual no son resistentes los líquidos. En el minuto 46:07.0 el estudiante E3 hace una declaración de invitación a participar (S) cuando pregunta a los demás “quién dice que es diferente, ..., todos dicen que es lo mismo?”

En el minuto 47:47.1 el estudiante E1 hace una declaración de autorreflexión (S) con una revelación importante, pues aunque conceptualmente entiende bien la situación y la explicación de la misma para cualquier objeto, existe una especie de bloqueo cognitivo para aceptar que eso ocurre si el objeto es el cuerpo humano.

En el minuto 48:39.5 se presenta una declaración que involucra el uso de teorías, leyes y modelos (E) (“se toma como lineal”), con una declaración

de evidencia (E) (“porque la densidad del agua varía con la profundidad”) y con una declaración de autorreflexión (“yo me acuerdo, o sea, no sé si estoy en lo correcto, ...”). La declaración del tiempo 1:06:51.5 es un refuerzo comunicativo (S) que presenta el estudiante E3 cuando interpreta la declaración de otro (en este caso un personaje científico en el texto de la lectura) estableciendo además las razones por las que el científico podía haberse equivocado.

Teniendo en cuenta los resultados del análisis del discurso desarrollado para esta sesión, se obtendría una calificación de 38/57 aplicando el protocolo de observación ASAC. La (Tabla 11) presenta el valor asignado a cada ítem del protocolo.

Observando el proceso completo en la Figura 25, así como la información que brindan la Figura 29, la Figura 30, y la Figura 33 podemos hacer una caracterización de la sesión 4 (2012) y una comparación con la sesión 3b (2010). En primer lugar, se observa un notable aumento de las declaraciones epistémicas (32) y de las sociales (74). Dos factores en particular pueden explicar este hecho: de una parte la destreza adquirida en la argumentación por los estudiantes a lo largo de la participación en los grupos de semillero; y por otra, su mayor preparación académica a lo largo de su formación durante estos dos años (2010-2012). Aparecen más temprano que en la sesión 3b (2010) las declaraciones de soporte (c-c) así como las de distinción o conexión (E). Se presentan además declaraciones en lenguaje de la ciencia (E) y del uso de teorías, leyes y modelos (E) que apenas habían aparecido una vez en la sesión 3b (2010). Ambos elementos están estrechamente relacionados con los de soporte como puede verse en la Figura 25, al presentarse en las mismas declaraciones. Es decir, la generación de declaraciones con elementos de soporte (c-c) posibilita la aparición de este tipo de elementos

epistémicos. También contribuyen a esta aparición declaraciones de distinción o conexión (E) y las de refuerzo comunicativo (S). De esta manera comienza a vislumbrarse un panorama favorable para el mejoramiento del proceso argumentativo y es el de estimular declaraciones del tipo soporte (c-c).

Tabla 7. Fragmento de la transcripción de la sesión 4 (2012)

Tiempo (h:mm:ss)	Declaraciones de los estudiantes	Tiempo (h:mm:ss)
0:05:23.2	E1: pero obviamente sí tiene algún efecto pues, cuando uno se hunde y le empiezan a doler los oídos eso quiere decir que ya está uno a una presión muy grande ( ) pues en que el cuerpo empieza a sufrir con esa presión cierto ( ) que uno siente obviamente, sí tiene que haber un efecto ( ) y obviamente cada vez que se sumerja más, la presión va a ser mayor, hasta que llegue un punto que ya el cuerpo humano tal vez no pueda resistirlo	0:05:55.7
0:18:05.2	E6: pero es que, ahí se están, estarían como, pues no sé, una cosa es presión y la otra cosa es el peso de la columna de agua, sí o no, pues porque ahí, como uno veía, hay otra fuerza hacia arriba igual de agua, si pues eso ( ) mientras que acá solo el, pues, es diferente por la aplicación, y el medio	0:18:35.0
0:24:25.4	E3: lo que yo estaba diciendo, si usted se mete digamos si le hacen un molde de yeso cuando está líquido usted siente la presión pero una vez se endurezca usted se está ahí y ya no va a sentir nada porque el, el sólido es el que se lleva todo el esfuerzo, usted ya no, pues tiene su espacio y ya no siente nada	0:24:42.4
0:27:42.8	E3: Profe yo pienso que eso aparece es porque, que cuando está líquido no es capaz de aguantar el corte cierto, esos son los líquidos, entonces las cosas que estén por acá se me, me tiran a hacer presión, una vez ya esté sólido los sólidos sí aguantan, aguantan el corte que necesitan para soportarse, entonces ya todo se va es por el mismo ( )	0:28:08.0
0:46:07.0	E3: quién dice que es diferente, que que no es lo mismo, que sea un sólido o un líquido, todos dicen que es lo mismo?	0:46:13.4
0:47:47.1	E1: si esto está adentro o está afuera va a abarcar exactamente lo mismo, lo que pasa, lo que es distinto es, si es el cuerpo, no sé porqué	0:47:54.7
0:48:39.5	E5: no, se toma como line::, se toma como lineal, porque la densidad del agua varía con respecto a la profundidad supuestamente, entonces hay un punto en el agua en el que la presión es la misma en toda la:::, en toda la diferencia de alturas, yo me acuerdo, o sea, no sé si estoy en lo correcto, yo creo que había escuchado eso	0:48:55.5
0:58:36.1	E1: yo tengo problemas es exactamente con el cuerpo humano	0:58:39.1
1:06:51.5	E3: él falla en decir que la fuerza solo viene de arriba, para luego que ( ) no lo sabía pero, pero ya se sabe, que pues la presión viene de todos los lados, entonces él está despreciando ( ), está tomando la columna superior, pero por debajo también hay fuerza	1:07:06.5

*Sesión 7 (2012-1)*

En la sesión 7 (2012) se continúa la lectura de la sesión 4 (2012). De los 19 elementos se identifican 16, faltando la declaración alternativa (c-c), la declaración retórica (E), y la declaración de respeto y consideración (S). Al comienzo se presenta una declaración de soporte (c-c) en el minuto 4:02.0.

“E1: pues la, va a ser la misma pues la la la altura sigue siendo la misma, el fluido sigue siendo el mismo, entonces el el peso específico del fluido no cambia, pues (...) finalmente va a seguir, va a ser la misma (0:04:12.1)”.

Esa declaración es presentada por un estudiante que ya había participado en la misma lectura en un grupo anterior. Es por eso que a pesar de ser la primera declaración está respondiendo de inmediato a la pregunta de manera tan segura, con soporte a lo que está afirmando, aunque la forma en que lo expresa es algo artificiosa. Declaraciones de este tipo suelen recibirse de estudiantes que han reprobado su curso y que para participar exponen ideas recogidas de cursos anteriores pero que no alcanzan a dar cuenta de su propio conocimiento.



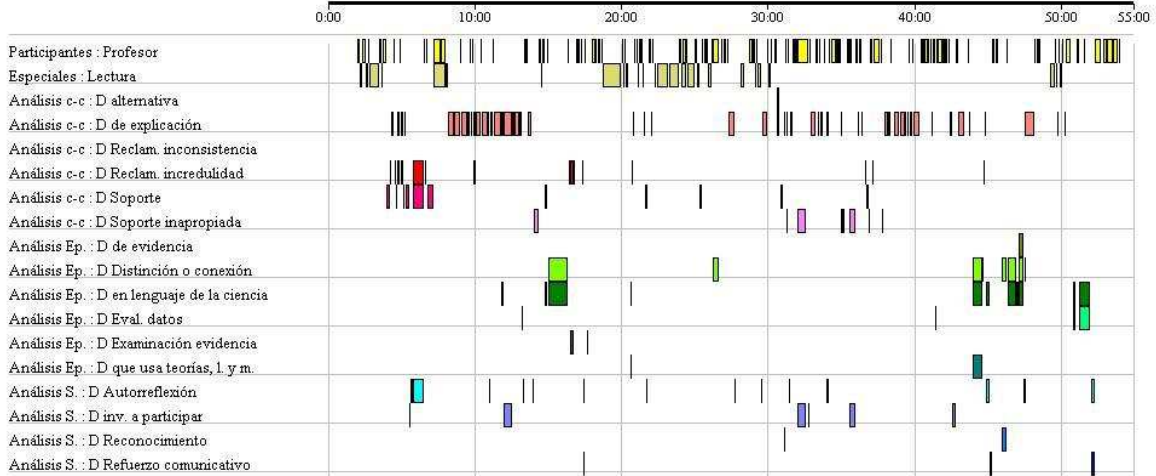


Figura 26. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 7 (2012)

Aparecen también al comienzo de la sesión varias declaraciones de reclamación de incredulidad:

(0:04:12.1)

“E1: pero la fuerza sería diferente (0:04:13.9)”

...

(0:04:16.1)

E1: No, la fuerza y la profundidad es la misma pero::: la fuerza sobre la compuerta sería diferente (0:04:21.3)”.

En la Tabla 8 se presentan algunas declaraciones de los estudiantes durante la sesión 7. La declaración de soporte (c-c) del minuto 6:49.3 resulta ser casi la misma que la del minuto 4:02.0. En el minuto 14:02.8 un estudiante presenta una declaración de soporte inapropiada (c-c) pues intenta crear una condición de aislamiento pero lo propone diciendo “que

quede un espacio mínimo de aire” cuando el aire no es aislante sino transmisor de la presión.

En el minuto 17:40.6 el estudiante E2 declara una examinación de evidencia (E) (“por la fórmula, gamma por h, y ya”) aunque manifiesta a la vez incredulidad cuando anticipa “hay que hacer el experimento”. Esto demuestra cómo a pesar de las nuevas tecnologías y la cantidad de ofertas de modelos virtuales, sigue resultando fundamental la experiencia con los modelos físicos en la construcción del conocimiento de los estudiantes como aquí es reclamado por uno de ellos.

Resultan también declaraciones donde pueden identificarse varios elementos simultáneamente como sucedía en la sesión 4 (2012). Así por ejemplo en el minuto 32:03.7 una declaración de soporte inapropiada (c-c) con una de autorreflexión (S) (“ya, qué opinás”); en el minuto 34:01.9 una declaración de explicación (c-c) con una de autorreflexión (S) (“pues, pero es que eso viene desde la definición de presión pero realmente ( ) pues el fundamento que las presiones son perpendiculares a las superficies, por qué, no sé”); en el minuto 43:58.4 una declaración con tres elementos epistémicos, de distinción o conexión (E), uso de lenguaje de la ciencia (E) y uso de leyes y modelos (E); en el minuto 50:50.5 una declaración con dos elementos epistémicos, uso de lenguaje de la ciencia (E) y evaluación de datos (E); y en el minuto 52:15.2 una declaración con dos elementos de la categoría social, autorreflexión (S) y refuerzo comunicativo (S). Estos ejemplos muestran una destacada actividad de los estudiantes en el uso de elementos epistémicos que reflejan la condición metacognitiva de tal actividad en la construcción del conocimiento.

A pesar del análisis anterior que da cuenta de un proceso argumentativo más rico que los anteriores en sus declaraciones, se obtendría una calificación de 35/57 (Tabla 11) aplicando el protocolo ASAC, un valor



ligeramente inferior al de la sesión 4 (38/57). Esto demuestra una limitación del protocolo, no en cuanto a lo pertinente de sus elementos (o ítems) sino en lo que se refiere al uso de la escala Likert para la calificación.

Observando el proceso completo en la Figura 26, así como la información que brindan la Figura 29, la Figura 30, y la Figura 33, la sesión 7 (2012) se caracteriza también como la sesión 4 (2012) por presentar declaraciones de soporte (c-c) desde temprano (minuto 4:02:0). Sin embargo, aparecen en la sesión 7 (2012) de manera más intensa que en la sesión 4 (2012) declaraciones de reclamación de incredulidad ligadas con las de soporte. También, como en la sesión 4(2012), se reconoce una conexión entre estas declaraciones con las de autorreflexión (S).

Tabla 8. Fragmento de la transcripción de la sesión 7 (2012)

0:04:02.0	E1: pues la va a ser la misma pues la la la altura sigue siendo la misma el fluido sigue siendo el mismo entonces el el peso específico del fluido no cambia pues (...)finalmente va a seguir va a ser la misma	0:04:12.1
0:06:49.3	E1: no pues lo que lo que lo que hemos estado diciendo pues que la altura, la altura es la misma, las dimensiones de la compuerta son las mismas, las propiedades del fluido son, las propiedades del fluido van a ser las mismas, entonces por lo tanto la presión va a ser la misma y la fuerza va a ser la misma	0:07:11.5
0:14:02.8	E2: bueno, yo pienso que más o menos de la única forma que queda súper claro que se cancela la parte de arriba de la compuerta, es que pongamos la compuerta y que quede un espacio mínimo de aire debajo de la compuerta, ahí ya sí se sabe, pues de resto me parece que, si se llenó todo y se metió eso, ya::: igual se carga con todo, pues esa es como la conclusión que tengo	0:14:25.0
0:17:40.6	E2: no ( ), hay que hacer el experimento, yo pues entiendo porqué, por la fórmula, gamma por h, y ya	0:17:47.9
0:32:03.7	E2: ah, entonces cómo, cómo se puede dañar. ( ) es como la, el::: cuando hablamos de senos y cosenos, si usted aplica una fuerza totalmente perpendicular se siente más que si usted tiene un ángulo, ya por el seno de ese ángulo es menos, entonces por eso se puede tener en cuenta perpendicular, si eso es una represa puede que se dañe más fácil si se siente la mayor fuerza entonces por eso es que se tiene, pues. La verdad pues, es lo que pienso no estoy basado en nada pero, por eso lo digo, ya, qué opinás	0:32:39.1
0:34:01.9	E3: pues, pero es que eso viene desde la definición de presión pero realmente ( ) pues el fundamento que las presiones son perpendiculares a las superficies, por qué, no sé	0:34:13.1
0:43:58.4	E4: lo de la tensión superficial, cierto, cuando veíamos lo de la tensión superficial, cuando estábamos con el aire, todas las partículas se se estaban haciendo fuerza entre sí, pero en la parte de arriba no había quien las soportara, esa presión que soportaban todas las otras moléculas del fluido, entonces por eso era que se generaba la tensión superficial, acá lo que pasa es un fenómeno igual, y va a salir es como si hundiéramos la superficie, todas las moléculas que están allá, con todas las otras, están soportando en todos los sentidos, es decir, una molécula que haya por acá, va a resistir una fuerza por acá, por acá, por acá, por acá, por todas partes, pero una que este acá , simplemente va a haber una por acá porque está en contacto con esto	0:44:37.2
0:48:18.7	E2: perfecto	0:48:19.8
0:50:50.5	E4: sí es cierto base por altura sobre dos y la hace como un triángulo, base por altura sobre dos	0:50:55.2
0:52:15.2	E4: sí, él simplemente estaba haciendo una aclaración ( )	0:52:17.0

Se nota en la sesión 7 (2012) un aumento notable en las declaraciones de reclamación de incredulidad (c-c) (21) con respecto a las otras dos sesiones anteriores y aparecen por primera vez declaraciones de evaluación de datos (E) (4). Sería razonable pensar que entre estas declaraciones hay una conexión, es decir, que la reclamación de incredulidad (c-c) lleva a la examinación de datos (E). Aparecen también en una misma intervención declaraciones de distinción o conexión (E) y declaraciones en lenguaje de la ciencia (E).

#### *Sesión 8 (2012-1)*

En la sesión 8 la lectura se lleva a cabo sobre las respuestas escritas de los estudiantes asociadas a los fragmentos del texto de las “paradojas hidrostáticas”. Las respuestas (Anexo 4) fueron seleccionadas por el profesor y reunidas para ser discutidas en esta sesión. De los 19 elementos se identifican 16, faltando la declaración de evidencia (E), la de examinación de evidencia (E) y la de refuerzo comunicativo (S). Al comienzo se presenta una declaración de explicación (c-c) en un marcado lenguaje de la ciencia (E) en el minuto 14:06.6:

“E1: no, yo veo que hay un error es con la parte que dice que la fuerza de empuje va variando con la profundidad (0:14:06.6)

E2: si la fuerza de empuje es igual (0:14:07.4)

...

E2: el empuje es igual a::: al gamma del fluido por el volumen sumergido, ese es el empuje, ( ) pues varía si no está sumergido del todo (0:14:33.5)”.

La sesión continúa con declaraciones de las tres categorías destacándose un buen número de declaraciones epistémicas entre el

minuto 14:06.6 y el minuto 38:51.4, así como declaraciones de la categoría social desde el minuto 29:52.6 hasta el tiempo 1:26:26.8.

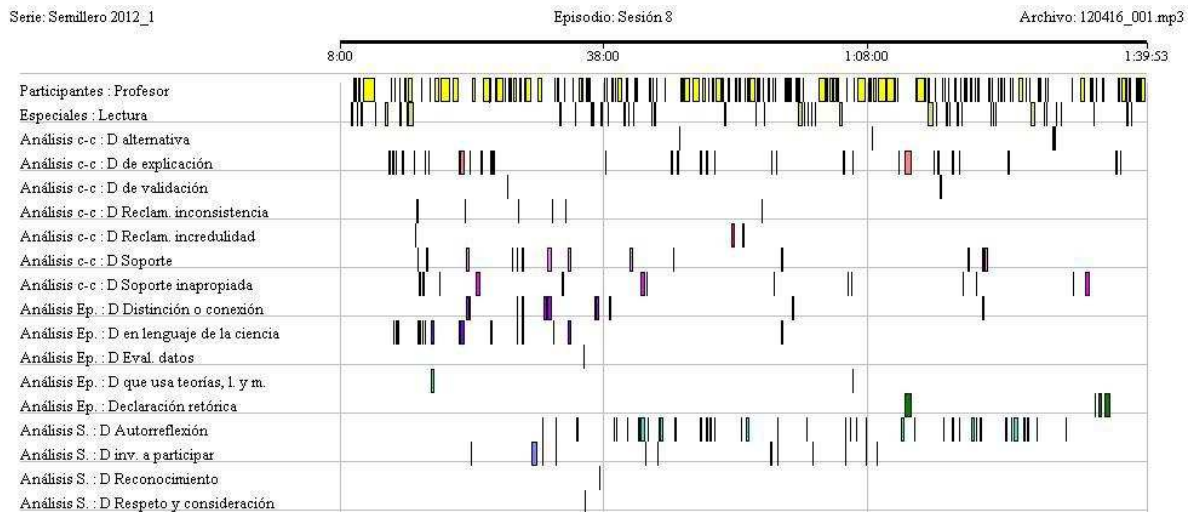


Figura 27. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 8 (2012)

La Tabla 9 recoge algunas declaraciones de esta sesión. En los minutos 13:37.5, 13:44.0, 14:01.8, declaraciones de explicación (c-c) y en el minuto 14:22.8 y 14:33.5, declaración con uso de lenguaje de la ciencia (E). En los minutos 18:22.2 y 18:40.7, declaraciones donde se identifica el uso de lenguaje de la ciencia (E) y de teorías, leyes y modelos (E). En el minuto 19:18.9 aparece una declaración de soporte inapropiada, luego, en el minuto 25:08.5 una de explicación (c-c) y del uso de lenguaje de la ciencia (E). En los minutos 28:07.9, 28:40.9, 34:01.0, 34:19.0 las declaraciones involucran varios elementos como soporte (c-c), distinción o conexión (E), y uso de lenguaje de la ciencia (E). Las últimas declaraciones, en los minutos 42:20.8, 49:01.6, 50:09.0 y los tiempos 1:13:08.2 y 1:13:15.8 se caracterizan por contener elementos de autorreflexión (S) con elementos de soporte inapropiado (c-c), de explicación (c-c) o de uso de lenguaje de la ciencia (E).

Aplicando el protocolo ASAC teniendo en cuenta los resultados del análisis del discurso desarrollado para esta sesión, se obtiene una calificación de 32/57 (Tabla 11) para el proceso argumentativo.

Observando el proceso completo en la Figura 27, así como la información que brindan la Figura 29, la Figura 30, y la Figura 33, se destaca en la sesión 8 (2012) la rápida aparición de declaraciones en el lenguaje de la ciencia (E). Se nota además un equilibrado balance desde el comienzo de la sesión entre las declaraciones de los tres aspectos: el conceptual-cognitivo, el epistémico y el social. En la sesión 3b (2010) (Figura 24) las primeras declaraciones eran de aspecto social, aparecían luego las de aspecto conceptual-cognitivo y bastante más tarde las del epistémico (minuto 34:56.9). En la sesión 4 (2012) las primeras declaraciones eran de aspecto conceptual-cognitivo, apareciendo la primera de aspecto epistémico en el minuto 8:08.4 y la primera de aspecto social en el minuto 8:58.2. En la sesión 7 (2012) las primeras declaraciones eran también de aspecto conceptual-cognitivo, le seguían las de aspecto social y aparecían luego las de aspecto epistémico (minuto 13:11.7). Se destaca en la sesión 8 (2012) con respecto a las anteriores, un aumento en las declaraciones de reclamación de inconsistencia (c-c) (11), de soporte (c-c) (17), de soporte inapropiado (c-c) (18), de declaración alternativa (c-c) (5), de distinción o conexión (E) (14), de uso del lenguaje de la ciencia (E) (19) y de autorreflexión (S)(70). Y como puede observarse en la Figura 33, una mayor aparición de declaraciones de los aspectos epistémicos y sociales que en las sesiones anteriores.



Tabla 9. Fragmento de la transcripción de la sesión 8 (2012)

0:13:37.5	E1: eh::: un error es decir que recibe fuerzas verticales, porque realmente recibe fuerzas en todas las direcciones	0:13:44.0
0:13:44.0	E2: Pero entonces no está mal decir que recibe verticales, porque igual recibe verticales	0:13:47.7
0:14:01.8	E3: no yo veo que hay un error es con la parte que dice que la fuerza de empuje va variando con la profundidad	0:14:06.6
0:14:22.8	E2: el empuje es igual a::: al gamma del fluido por el volumen sumergido, ese es el empuje, (.) pues varía si no está sumergido del todo	0:14:33.5
0:14:33.5	E1: pues, está mezclando dos conceptos que no estamos juntando en la discusión, estamos hablando es de presiones	0:14:41.7
0:18:22.2	E1: pues el principio de Arquímedes plantea que la fuerza de empuje que le ayuda a flotar por decirlo en otras palabras es igual al volumen de agua que desplaza por el peso del agua pues del fluido desplazado	0:18:39.3
0:18:40.7	E1: y eso no importa si está sumergido del todo o esté sin sumergir, eso influye es en el volumen que desplaza pero la fórmula, pues la ecuación es la misma	0:18:50.9
0:19:18.9	E4: no, sí, sí es eso pero yo tengo un concepto diferente que empuje es cuando el objeto lo siente externamente, o sea, cuando necesita una reacción externa aparte del fluido para contrarrestarlo	0:19:33.3
0:25:08.5	E2: porque el empuje es el volumen, bueno pues varía hasta el momento en que se sumerge del todo el cuerpo, de ahí en adelante ya no varía pero como en este caso estamos hablando es:::	0:25:22.0
0:28:07.9	E4: Lo que entendí según lo que decían es que la fuerza de empuje es la diferencia entre la fuerza vertical hacia abajo y la fuerza vertical hacia arriba, por lo tanto sin importar qué tan profundo sea siempre la diferencia va a ser la misma	0:28:20.6
0:28:40.9	E1: es que hay un concepto que es el empuje y es resulta del volumen desplazado del peso a que equivale, pero hay otras fuerzas que son las fuerzas de presión y que generan esfuerzos en el material más no el empuje vertical, son dos conceptos diferentes	0:29:02.2
0:34:01.0	E4: Porque si fuera reacción sería la misma fuerza estaría siendo hacia arriba pero es una presión mayor porque esa parte sumergida está a mayor profundidad incluso una fuerza mayor a la que le está empujando hacia abajo	0:34:15.5
0:34:19.0	E4: Entonces eso no es una reacción es simplemente otra presión	0:34:22.1
0:42:20.8	E5: Pues no se de pronto decir (.) sobre su cuerpo un efecto debido a la presión y dentro de esta presión genera fuerzas entonces (breve interrupción en el aula por otras personas) lo que digo es que esta presión genera fuerzas y pues la fuerza es la que genera la presión o se puede decir así no se?	0:42:44.9
0:42:54.5	E5: Yo tengo una fuerza sobre un área y por lo tanto ahí tengo una presión pero no tengo una presión que me genera una fuerza	0:43:01.0
0:49:01.6	E1: pero eso es un orden metodológico. Pero no un orden de los sucesos físicos pues son simultáneos	0:49:07.3
0:50:09.0	E1: Es que no hay fuera sin presión y no hay presión sin fuerza	0:50:12.8
1:13:08.2	E4: o sea yo digo la palabra uniforme tal vez la utilizó para decir la distribución sobre el cuerpo más no la distribución eh la magnitud de la fuerza	1:13:15.8
1:13:15.8	E6: Es para decir que sobre todo el cuerpo había presión pues	1:13:18.3



### Sesión 9 (2012-1)

En la sesión 9 se continúa la lectura sobre las respuestas escritas de los estudiantes asociadas a los fragmentos del texto de las “paradojas hidrostáticas” (Anexo 4). De los 19 elementos se identifican 17, faltando la declaración de evidencia (E) y la de examen de evidencia (E).

La Tabla 10 reúne algunas declaraciones de los estudiantes durante la sesión 9 (2012) (Figura 28).

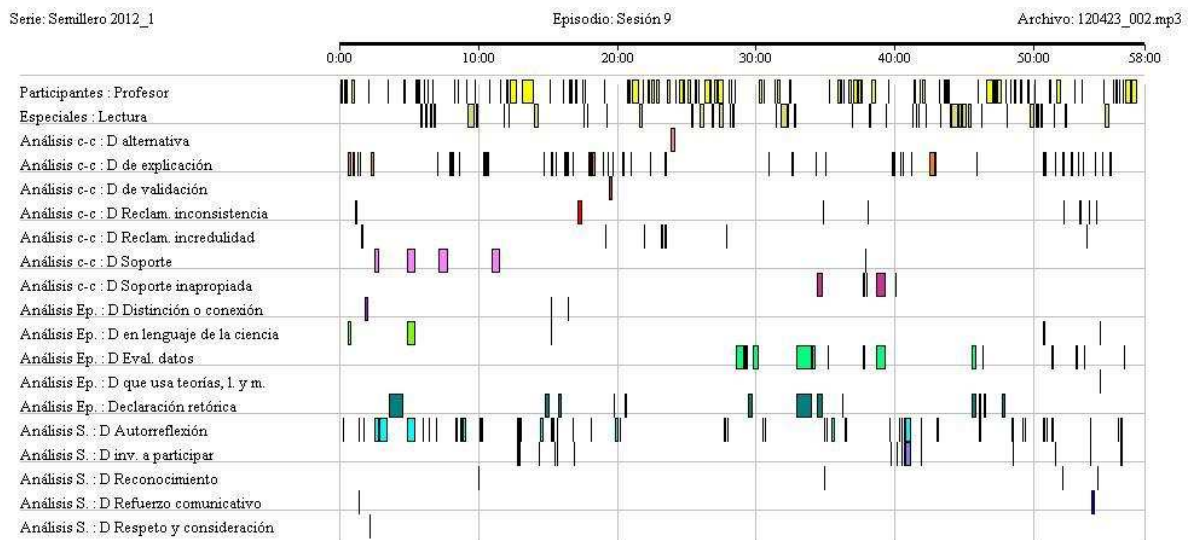


Figura 28. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 9 (2012)

Es notorio que las declaraciones en esta sesión son más extensas que en las sesiones anteriores y con más elementos del protocolo ASAC en una misma declaración. En el minuto 0:38.2, el estudiante E1 introduce una declaración de explicación (c-c) con varios elementos del lenguaje de la ciencia (E) al referirse a “rugosa”, “homogénea”, “presión”, “ángulo”. En el minuto 2:52.3, el estudiante E2 hace una declaración de autorreflexión (S) manifestando su confusión ante la situación expresando que la teoría no es suficiente para permitirle responder el cuestionamiento. En el minuto

4:52.3 el estudiante E3 continúa con el diálogo que se había presentado con el estudiante E2. Su declaración tiene elementos de soporte (c-c) (“si existen deformaciones significa que existen fuerzas”), de lenguaje de la ciencia (E) (el empleo de términos como “esfuerzos”, “deformaciones”, “volumen”) y de autorreflexión (“de pronto me expresé un poquito mal en la respuesta...”).

También el estudiante E1 en el minuto 8:54.4 hace una declaración de autorreflexión (S) cuando interpreta una de las respuestas escritas mostrando cierta confusión en esa interpretación (comienza diciendo “él deja muy claro”) para decir más adelante “si no lo dice es porque no lo tiene muy claro”. La declaración del estudiante E4 en el minuto 15:13.7 es una explicación (c-c) en el lenguaje de la ciencia (E) con una autorreflexión (S) (“pero si yo estoy hablando de que yo percibo algo”) y una distinción (E) muy valiosa (“no puedo decir que no lo percibo porque se anula”). La declaración del estudiante E2 en el minuto 19:45.6 es más bien un elemento retórico (E), de hecho una falacia del tipo *Argumentum ad Verecundiam* como se verá en el posterior análisis según la teoría Pragmadialéctica, al presentar el punto de vista como correcto porque se apoya en la teoría pero sin definir la fuente exacta (“pero nosotros por teoría...”). En el minuto 29:16.0 el estudiante E3 hace una declaración de evaluación de datos (E) al revisar la información presentada por otro participante. En el minuto 43:01.3 el estudiante E2 hace una declaración de autorreflexión (S) expresando su parte de acuerdo y desacuerdo con otra participación. Y de nuevo en el minuto 51:13.6 el estudiante E3 hace una autorreflexión (S) (“ahí estamos cambiando casi que lo que escribí”) acompañada de una declaración de evaluación de datos (E) (“o sea, él no quiso decir nada de las tres palabras que anotó ahí”).

Aplicando el protocolo ASAC teniendo en cuenta los resultados del análisis del discurso, se obtiene una calificación de 33/57 (Tabla 11) para el proceso argumentativo en esta sesión.

Observando el proceso completo en la Figura 28, así como la información que brindan la Figura 29, la Figura 30, la Figura 31, y la Figura 32, la sesión 9 (2012) se caracteriza porque desde el comienzo hay un equilibrado balance entre los tres aspectos: el conceptual-cognitivo, el epistémico y el social. La Figura 33 muestra que en general hay un equilibrio entre el aspecto conceptual-cognitivo y el social (con 140 y 148 declaraciones respectivamente) y que hay un aumento en el aspecto epistémico con respecto a las sesiones anteriores (con 47 declaraciones).

Lo que más se destaca de estos resultados es el mayor número de declaraciones de explicación (c-c), de evaluación de datos (E), de elementos retóricos (E) y de autorreflexión que se presentan en la sesión 9. Aunque al considerar los tiempos de las declaraciones, las únicas que se destacan en la sesión 9 con respecto a las demás son la evaluación de datos (E) y la declaración retórica (E).

Resulta satisfactorio que todos los ítems del protocolo ASAC son identificados en las declaraciones de las sesiones en alguna ocasión, lo que justifica la consideración de tales elementos. Se nota más prevalencia de las declaraciones de las categorías conceptual-cognitiva y social sobre las de la categoría epistémica. Esto significa que los estudiantes presentan mayor debilidad en esos aspectos, que son precisamente los más relacionados con la construcción del aprendizaje.

En la Tabla 11 se reúnen las calificaciones del proceso argumentativo aplicando el protocolo ASAC. Los valores de las calificaciones no son muy diferentes. Los valores de la calificación de las sesiones del 2012 son en



*Tesis doctoral Facultad de Educación. Juan F. Barros M. (2014)*

efecto mayores que el de la sesión del 2010, sin embargo, no hay una notable diferencia entre las calificaciones de estas sesiones, más aún, el mayor valor se obtiene para la sesión 4 (2012), siendo inferior en las otras y mínimo en la sesión 8.

Tabla 10. Fragmento de la transcripción de la sesión 9 (2012)

Tiempo (h:mm:ss)	Declaraciones de los estudiantes	Tiempo (h:mm:ss)
0:00:38.2	E1: la respuesta. Listo, yo digo que no tiene que ser lisa, puede ser rugosa y si cumple la misma característica de ser homogénea y de recibir plenamente la presión, ¿me explico plenamente?, cuando usted está horizontal y recibe un peso, no hay ángulo, cuando usted está horizontal y recibe una presión no hay ángulo	0:00:56.9
0:02:52.3	E2: eso es lo único que asimilamos, ya que debido a que el cuerpo no es superficie plana sino que varía mucho, entonces, por eso lo asimilamos más a la parte plana, pero ahí en teoría debe decir, porque se asimila más fácil en el fondo de una pared, pues, en estos momentos, yo creo que ya ni siquiera sería capaz de explicarme, pues yo por teoría, pues uno por teoría cuando lo estudió uno sabía que era perpendicular a una superficie plana, pero decir que se puede notar más en una pared o en una persona, la verdad no tengo, pues en estos momentos no tengo ni idea de saber si se puede notar más o no	0:03:29.0
0:04:52.3	E3: yo lo que pienso es que la mejor forma de determinar si hay esfuerzos o fuerzas en el objeto es a partir de las deformaciones, eso es lo que yo había pensado desde un principio, de pronto me expresé un poquito mal en la respuesta que la deformación, pero si existen deformaciones significa que existen fuerzas, como en el nadador o en la lámina sumergida, es más difícil medir las deformaciones, pero por ejemplo en el muro o en el piso del tanque, es más fácil medir las deformaciones que pueda tener por, a causa de ese volumen, tal vez es más fácil calcularlo de esa forma	0:05:30.7
0:08:54.4	E1: pero él si deja claro que en la::: que es más fácil, pues es más fácil por ejemplo en el fondo de la pared, él deja muy claro, es muy fácil verlo en el fondo de la pared, en cambio en el cuerpo no, pues, como que no dice nada, si no lo dice es porque no lo tiene muy claro	0:09:11.8
0:15:13.7	E4: que se anulan, o sea, que se anulan en la sumatoria, sí, para hallar una resultante, pero si yo estoy hablando de que yo percibo algo, no puedo decir que no lo percibo porque se anula	0:15:23.2
0:19:45.6	E2: actúan, actúan, pero nosotros por teoría tomamos solo las verticales en este punto	0:19:49.8
0:29:16.0	E3: pero, o sea, él está hablando de las fuerzas horizontales, pero equivocó el sentido al decir que depende del volumen, depende es de la profundidad	0:29:25.7
0:43:01.3	E2: yo sí estaría de acuerdo. Yo sí estaría de acuerdo, sí se puede afirmar que acá es menor y acá es mayor y acá mucho más mayor. De eso si estoy de acuerdo. Pero el asunto con el área, no	0:43:12.4
0:51:13.6	E3: ahí estamos cambiando casi que lo que escribió, o sea, él no quiso decir nada de las tres palabras que anotó ahí	0:51:25.2

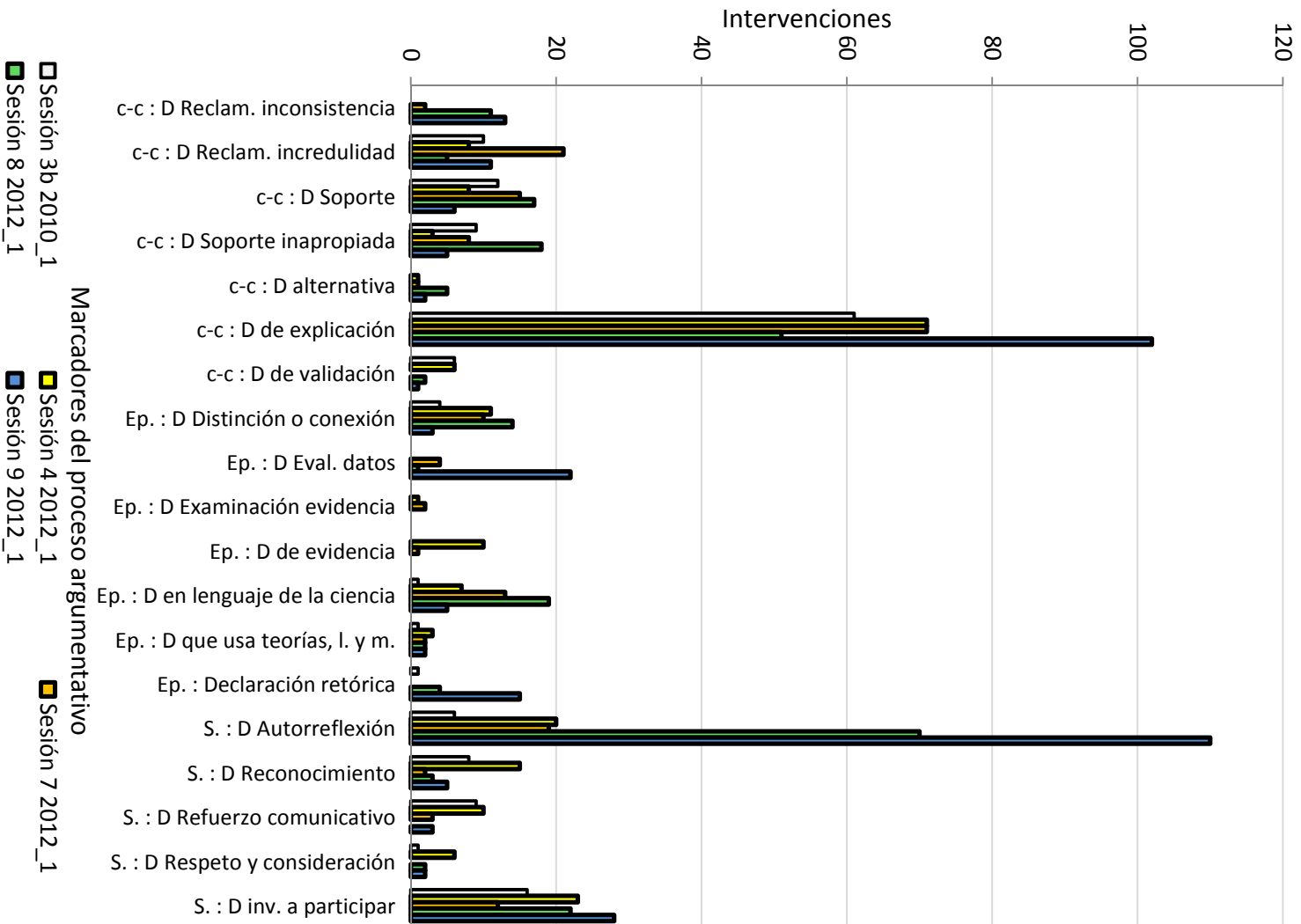


Figura 29. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Número de identificaciones

**Marcadores del análisis del proceso argumentativo en 5 sesiones  
(identificaciones)**

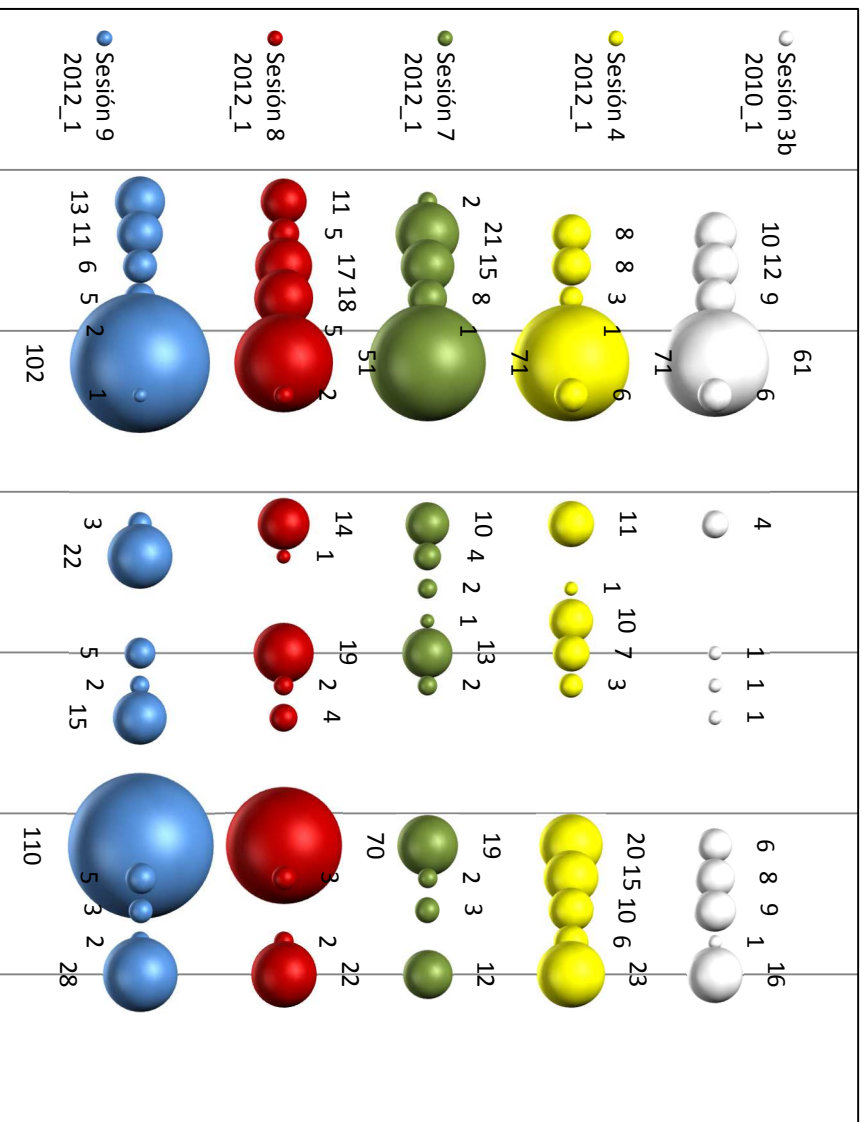


Figura 30. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Número de identificaciones

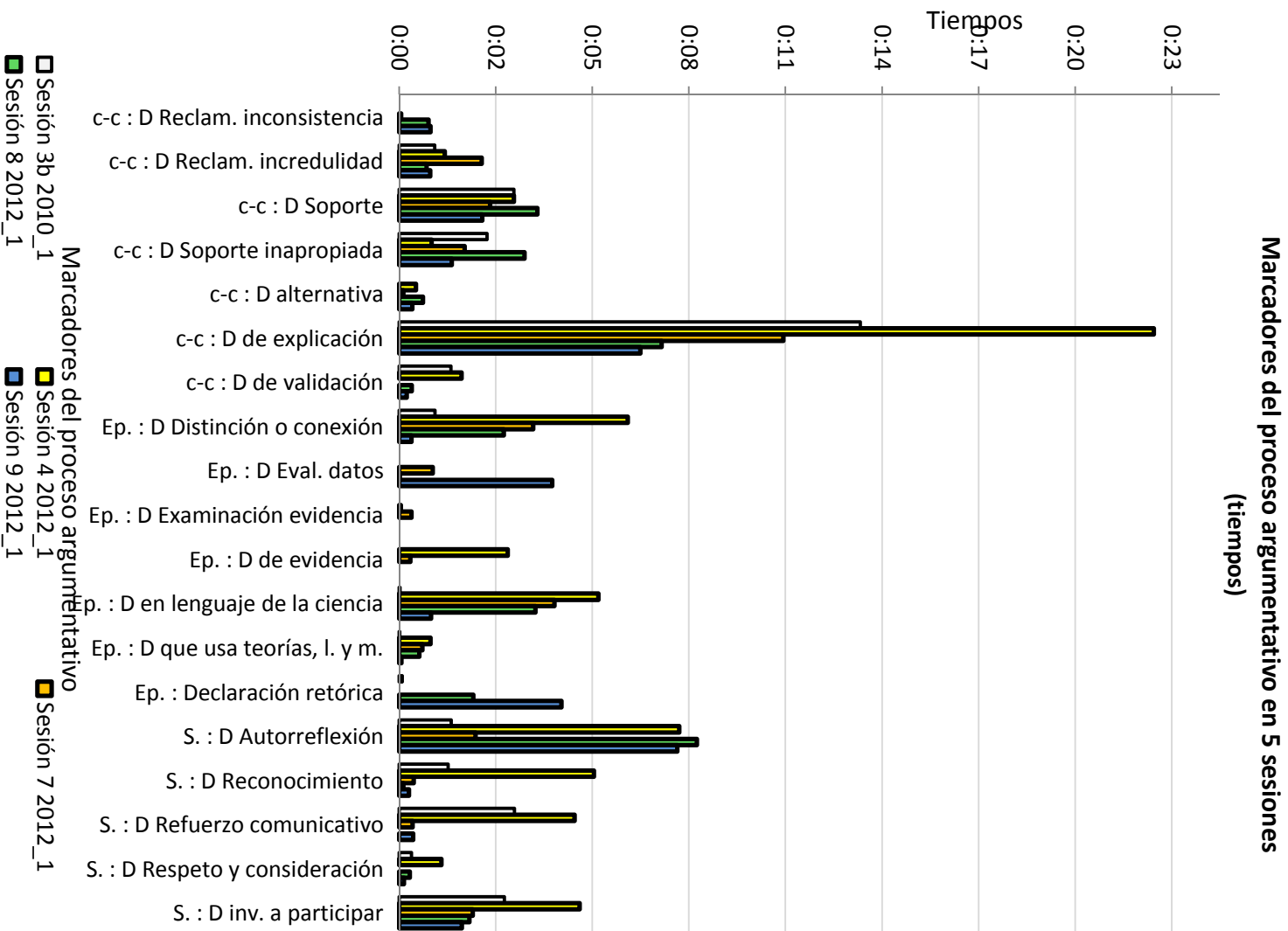
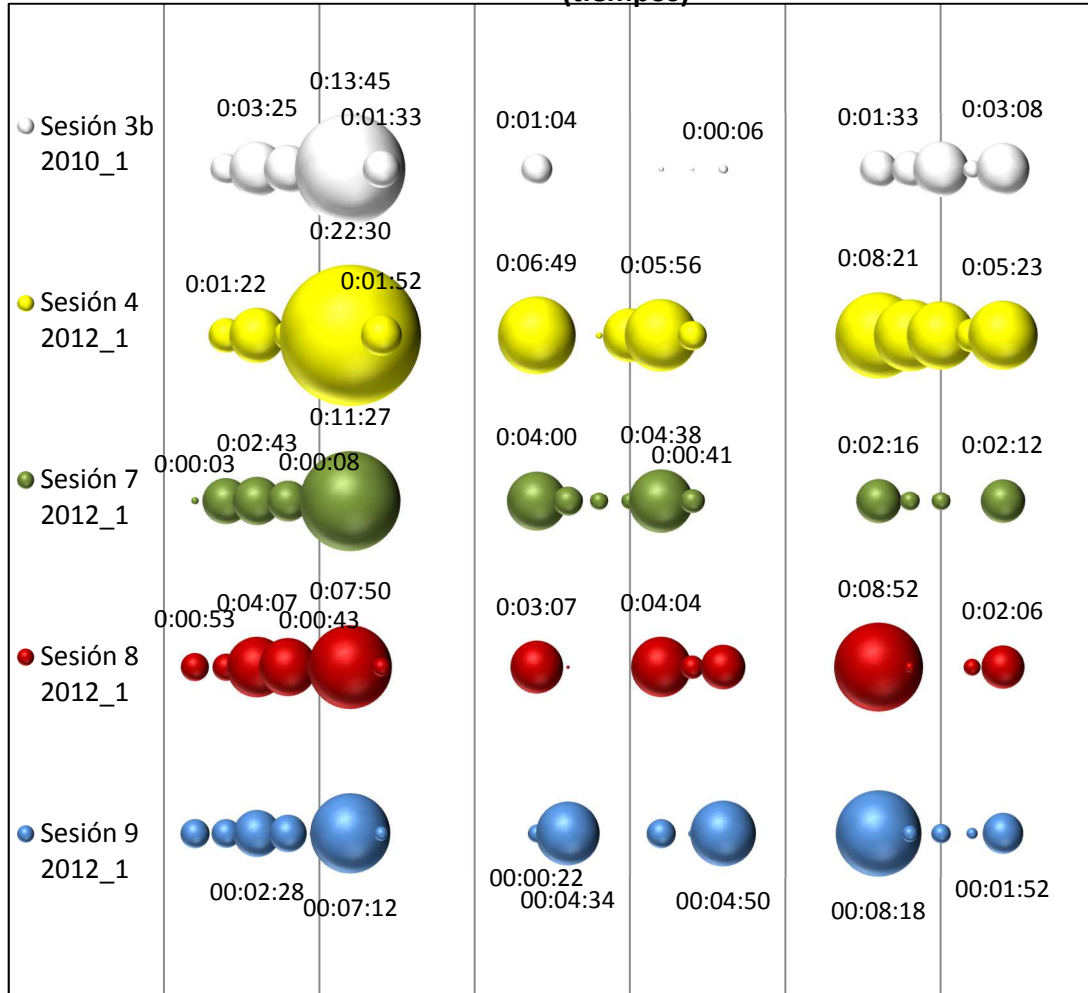


Figura 31. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Tiempos de las intervenciones



**Marcadores del análisis del proceso argumentativo en 5 sesiones  
(tiempos)**



c-c : D Reclam. inconsistencia  
c-c : D Reclam. incredulidad  
c-c : D Soporte  
c-c : D Soporte inapropiada  
c-c : D alternativa  
c-c : D de explicación  
c-c : D de validación

Ep. : D Distinción o conexión  
Ep. : D Eval. datos  
Ep. : D Examinación evidencia  
Ep. : D de evidencia  
Ep. : D en lenguaje de la ciencia  
Ep. : D que usa teorías, l. y m.  
Ep. : Declaración retórica

S. : D Autorreflexión  
S. : D Reconocimiento  
S. : D Refuerzo comunicativo  
S. : D Respeto y consideración  
S. : D inv. a participar

Figura 32. Marcadores del proceso argumentativo según el protocolo ASAC. Tiempos de las intervenciones

Tabla 11. Resultados del proceso argumentativo en las 5 sesiones según el protocolo ASAC

	<b>Evaluación de las sesiones según el protocolo ASAC</b>				
	Sesión (episodio)				
	3b (2010-1)	4 (2012-1)	7 (2012-1)	8 (2012-1)	9 (2012-1)
<b>Aspectos conceptual-cognitivos</b>					
1 La conversación se centra en la generación o validación de declaraciones o explicaciones	3	3	3	3	3
2 Los participantes buscan y discuten declaraciones o explicaciones alternativas	0	1	1	2	1
3 Los participantes modifican sus declaraciones explicativas cuando notan información inconsistente o descubren información anómala	0	0	1	3	3
4 Los participantes son escépticos de las ideas o la información	2	2	3	2	3
5 Los participantes presentan razones cuando apoyan o refutan una idea	2	2	3	3	2
6 Los participantes basan sus decisiones o ideas en estrategias de razonamientos inapropiadas	1	1	1	0	1
7 Los participantes intentan evaluar los méritos de cada explicación alternativa o declaración de una manera sistemática	2	2	0	1	1

Tabla 11. Resultados del proceso argumentativo en las 5 sesiones según el protocolo ASAC (cont.)

	Evaluación de las sesiones según el protocolo ASAC				
	Sesión (episodio)				
	3b (2010-1)	4 (2012-1)	7 (2012-1)	8 (2012-1)	9 (2012-1)
<b>Aspectos epistémicos</b>					
8 Los participantes se amparan en “herramientas de la retórica” para apoyar o refutar las ideas	2	3	3	1	0
9 Los participantes usan evidencia para apoyar o refutar ideas o para darle sentido al fenómeno que se investiga	0	3	1	0	0
10 Los participantes examinan la relevancia, coherencia y suficiencia de la evidencia	0	1	1	0	0
11 Los participantes evalúan cómo son interpretados los datos disponibles o los métodos utilizados para la obtención de los datos	0	0	2	1	3
12 Los participantes usan teorías científicas, leyes, o modelos para defender o refutar ideas o para ayudar a darle sentido al fenómeno que se investiga	1	2	1	1	1
13 Los participantes hacen distinciones y conexiones entre inferencias y observaciones explícitas a otros	2	3	3	3	2

14 Los participantes usan el lenguaje de la ciencia para comunicar las ideas	1	2	3	3	2
--	---	---	---	---	---

---

Tabla 11. Resultados del proceso argumentativo en las 5 sesiones según el protocolo ASAC. (cont.)

	Evaluación de las sesiones según el protocolo ASAC				
	Sesión (episodio)				
	3b (2010-1)	4 (2012-1)	7 (2012-1)	8 (2012-1)	9 (2012-1)
<b>Aspectos sociales</b>					
15 Los participantes son reflexivos acerca de lo que ellos saben y cómo lo saben	2	3	3	3	3
16 Los participantes respetan lo que cada uno tiene que decir	1	2	0	1	1
17 Los participantes discuten una idea cuando esta es introducida en la conversación	2	3	1	2	2
18 Los participantes alientan o invitan a otros a compartir o criticar ideas	3	3	3	3	3
19 Los participantes reafirman o agregan comentarios y preguntan a los demás para clarificar o elaborar sus comentarios	2	2	2	0	2
<b>Total /57:</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>33</b>

### **5.3.1 Interpretación de resultados del análisis del proceso argumentativo**

El análisis del corpus discursivo de las 5 sesiones cuyas declaraciones de los estudiantes fueron identificadas a la luz de los elementos definidos a partir de los 19 ítems del protocolo ASAC, permite interpretar que en efecto y como lo presentan Sampson et al. (2012) (Figura 51), el proceso argumentativo tiene estrecha correlación con el nivel académico de los estudiantes. Y nos referimos específicamente a la condición académica acorde con los aspectos conceptual-cognitivo, epistémico y social. En efecto, la sesión 3b llevada a cabo en 2010, cuando los estudiantes cursaban el segundo año del programa, alcanza un menor desarrollo en el proceso argumentativo que las que fueron realizadas en 2012, cuando cursaban el cuarto año. Este desarrollo se puede evaluar desde las características de las declaraciones de los estudiantes que en el caso de la sesión 3b (2010) no incluyen algunas del tipo conceptual-cognitivo (la declaración alternativa y la declaración de reclamación de inconsistencia), ni algunas del tipo epistémico (la declaración de evidencia y la declaración de evaluación de datos), ni la declaración de respeto y consideración que corresponde al tipo social. Si bien algunas declaraciones pueden no ser identificables por falta de explicitud en las premisas, en general en las 5 sesiones analizadas se identificaron entre 13 y 17 elementos de los 19, y fue precisamente la sesión 3b (2010) aquella en la cual el número de elementos identificados fue el menor (13). Entre todas las sesiones el total de los 19 elementos fue identificado en el corpus discursivo.

Otras características observables a lo largo del desarrollo de las sesiones permiten dar también cuenta del proceso argumentativo. En la sesión 3b (2010) los elementos involucrados en el primer tercio del tiempo de la sesión corresponden sólo al aspecto conceptual-cognitivo y al social. La

primera declaración de tipo epistémico aparece apenas en el minuto 34:55.5 (Figura 24) y después son sólo 6 las declaraciones que se identifican como de este tipo (Figura 30). Las sesiones de 2012 en cambio contienen declaraciones del tipo epistémico en mucho mayor número (entre 32 y 47) y al observar los diagramas de tiempo (Figura 25, Figura 26, Figura 27 y Figura 28) se verifica que en estas sesiones tales declaraciones se presentan de forma más temprana que en la sesión 3b (2010).

Se puede concluir de esta manera que efectivamente la riqueza del corpus discursivo es mayor en las sesiones de 2012 que en la sesión 3b (2010) en lo que se refiere al proceso argumentativo, lo cual se debe al desarrollo del aspecto epistémico de los estudiantes.

Si se quisiera analizar así mismo las sesiones de 2012 entre sí, alcanza a notarse un leve aumento en las declaraciones de cada tipo (conceptual-cognitivo, epistémico y social) a medida que se suceden las sesiones (Figura 33). En efecto se produce una evolución en el proceso argumentativo, lo cual es consecuente también con el diseño implementado para las sesiones durante el semestre.

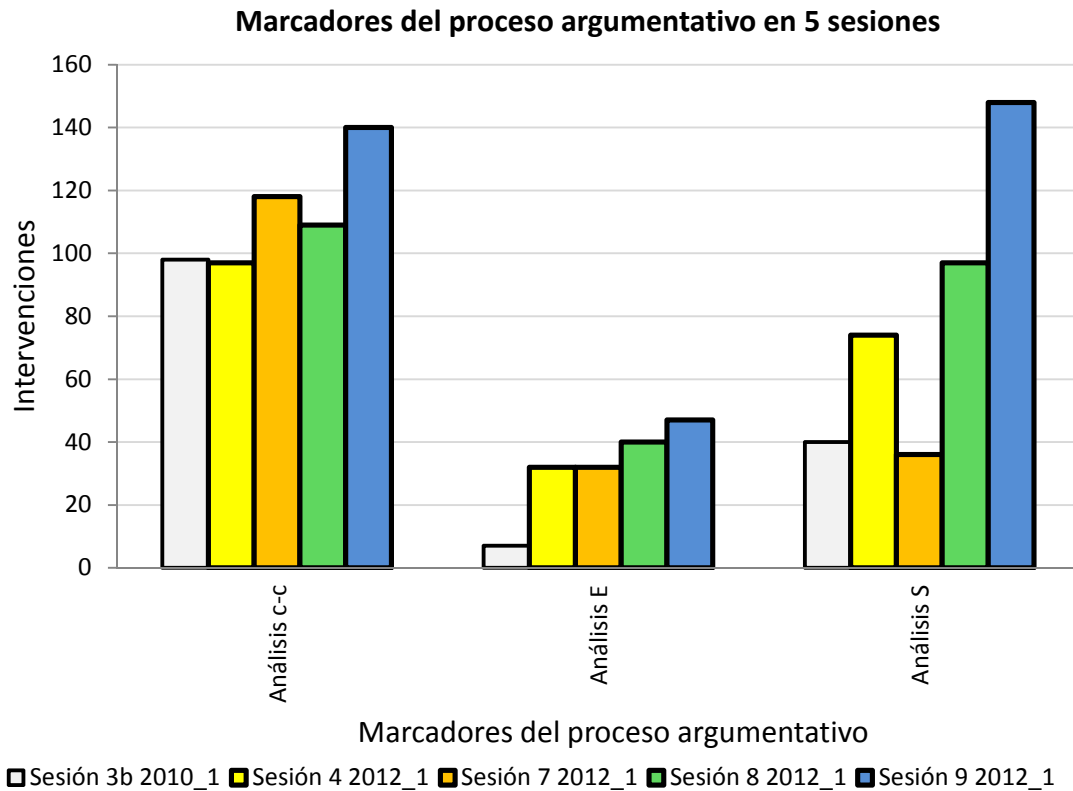


Figura 33. Número de declaraciones agrupadas según la categoría conceptual-cognitiva (c-c), Epistémica (E) y social (S)

Se justifica así mismo hacer un comentario referente a las calificaciones del protocolo ASAC, pues de acuerdo con los resultados de la Tabla 11, se cumple la misma interpretación que acabamos de presentar, entre la sesión 3b (2010) y las sesiones de 2012, pero no tanto así entre las sesiones de 2012. Al respecto se puede reconocer la limitación de la escala Likert con la cual se califican los ítems del protocolo ASAC. Si bien esta escala permite una evaluación sencilla y rápida del proceso argumentativo, en casos de sesiones donde se sobrepasa el número de declaraciones seleccionados para definir la frecuencia (y de acuerdo con ello asignar la calificación) pudiera no dar cuenta de la evolución entre sesiones. Esta

situación puede resolverse modificando los criterios de calificación de la escala Likert.

El análisis del discurso a lo largo de las sesiones permite identificar ciertas relaciones entre los tipos de declaraciones. Así por ejemplo, la generación de declaraciones con elementos de soporte (c-c) posibilita la aparición de declaraciones de tipo epistémico, como también sucede a partir de declaraciones de reclamación de incredulidad (S) o de refuerzo comunicativo (S) (sesión 4 (2012)). También declaraciones de reclamación de incredulidad (c-c) estimulan el surgimiento de declaraciones de evaluación de datos (E) (sesión 7 (2012)). Aunque en el protocolo ASAC fue más evidente la evolución argumentativa entre la sesión 3b (2010) y las del 2012, y no tanto entre las del 2012, por medio del análisis del discurso sí se encontró una evolución argumentativa a lo largo de todas las sesiones representada especialmente en dos aspectos: 1) la mayor aparición de declaraciones de tipo epistémico y social (sesión 8 (2012)), y 2) un mayor equilibrio en el inicio de la sesión entre los tres aspectos, el conceptual-cognitivo, el epistémico y el social (sesión 9 (2012)).

#### **5.4 Análisis de la discusión crítica (Pragma-dialéctica)**

Desde la teoría Pragma-dialéctica hemos realizado dos tipos de análisis: el primero, identificando las etapas de la discusión en cada sesión (confrontación, apertura, argumentación y clausura) con el propósito de conocer la estructura del proceso. Téngase en cuenta que las etapas de este modelo corresponden a las fases de una discusión crítica surgida de una disputa simple, es decir donde alguien ha presentado un punto de vista y este ha sido puesto en duda. Esto por supuesto no es el caso de las sesiones en el aula donde se presentan disputas múltiples, es decir, múltiples proposiciones, además de características mixtas, esto es, cuando



los puntos de vista con respecto a una proposición pueden ser positivos o negativos (van Eemeren y Grootendorst, 2006).

El segundo tipo de análisis sobre el corpus discursivo correspondió propiamente al análisis mediante la marcación de las declaraciones según las reglas de la Pragma-dialéctica incluyendo la identificación de las falacias.

#### **5.4.1 Etapas de la discusión crítica**

Por el procedimiento que hemos empleado en el ejercicio argumentativo en el aula, la etapa de confrontación se inicia con la lectura del texto, sea en el caso de la lectura exploratoria que se hacía en la sesión 3b (2010) o en las primeras sesiones de 2012 (sesiones 4 y 7) donde con el texto se incluían unas preguntas. La etapa de apertura no es siempre identificable debido a que en la mayoría de los casos los roles son asumidos de manera implícita y por ello se puede pasar directamente de la confrontación a la argumentación. La extensión de la etapa de argumentación varía de acuerdo con las posiciones de los participantes. Esta etapa se cierra cuando se ha llegado a un acuerdo, lo que se constituye en la etapa de clausura. Estos acuerdos a veces no quedan explícitos pues los participantes pudieran quedar satisfechos y no exponen más sus puntos de vista sin dar una declaración de aceptación que señale la clausura. En ese caso no se marca la clausura en el gráfico. La Figura 34, la Figura 35, la Figura 36, la Figura 37, y la Figura 38 presentan las etapas para las sesiones 3b (2010), 4 (2012), 7 (2012), 8 (2012) y 9 (2012) respectivamente.

En la sesión 3b (2010) (Figura 34) se reconoce la etapa de apertura al comienzo de la sesión entre el minuto 7:13.3 y 13:18.3. Los estudiantes han asumido sus roles aunque todavía exploran el contenido del texto con

la pretensión de entender mejor la situación. Es por eso que no se ha señalado una etapa de confrontación anterior, debido a que los roles se han asumido en este caso más por el ejercicio que se ha propuesto por el profesor, que por la presentación de una idea o una expresión que provoque la confrontación. Viene luego en el minuto 13:18.3 y hasta el minuto 16:57.4 una etapa de argumentación seguida de una confrontación que es provocada por las lecturas entre el minuto 16:57.4 y el minuto 21:41.5. La apertura en el minuto 21:41.5 es introducida por el profesor cuando dice:

“Profesor: podemos discutir un poquitico eso, ese tema; ustedes creen que sí se pueda disminuir la carga sobre la compuerta haciendo ese procedimiento↑ (0:21:55.4)”.

Se desarrolla la argumentación hasta el minuto 27:31.7 cuando se introduce de nuevo una confrontación con la lectura. En el minuto 31:09.7 el profesor introduce de nuevo una apertura cuando dice:

“Profesor: lo cual no era lo que pensábamos ahora, cierto↑ (0:31:14.3)”.

Sigue una etapa de argumentación hasta el minuto 35:38.9 cuando se introduce la lectura como una confrontación. Continúa una larga etapa de argumentación entre el minuto 35:54.1 y el tiempo 1:04:13.7, en el cual se repite de nuevo parte de la lectura como confrontación. Después de un corto periodo de argumentación se llega a una clausura en el tiempo 1:05:36.2:

“E1: ya me están convenciendo profe (1:05:37.7)”

Profesor: ya te están convenciendo, porque mirá uno pudiera hacer esto o sea, la cuestión es ésta, digamos que yo tengo esta profundidad de agua y aquí tengo este recipiente, este recipiente, es decir, aquí hay agua y aquí

alrededor no importa lo que haya, sí o no, tengo este recipiente, la pregunta es, la presión cómo es en el fondo de esos recipientes (1:06:08.2)

E1: según lo que me han dicho ellos, que debe ser la misma porque tienen la misma altura (1:06:15.5)

Profesor: y según lo que vos creés (1:06:17.9)

E1: sí, también (1:06:19.7)”.

Inmediatamente después un estudiante introduce otra confrontación:

“(1:06:21.9)

Manuel: profe y si lo pongo así (1:06:22.3)”.

De esa manera se continúa la argumentación, aparece la clausura, nueva confrontación, argumentación, clausura, otra confrontación, y más argumentación hasta la clausura al final de la sesión.

Como puede notarse, se suceden las etapas y se abren nuevos ciclos de manera continua. En general las etapas de apertura, confrontación y clausura suelen ser de corta duración, no así la de argumentación.

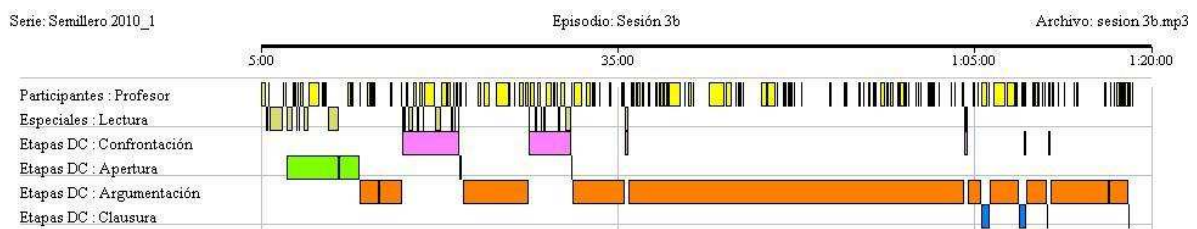


Figura 34. Etapas de la discusión crítica en la sesión 3b (2010)

En la sesión 4 (2012) (Figura 35) se inicia la etapa de confrontación con la lectura del texto, seguida de la lectura de una pregunta que hace de apertura, luego una corta argumentación interrumpida por otra pregunta que sirve de apertura, para introducirse en una larga argumentación entre

el minuto 6:50.4 y el tiempo 1:08:48.9. Le sigue una lectura que cumple como confrontación y apertura, seguida de argumentación para cerrar con una clausura.

Los estudiantes tienen muy claro su rol, razón por la cual la apertura está implícita en el proceso. La confrontación se produce principalmente por los cuestionamientos que se incluyen en la lectura del texto o por las preguntas diseñadas por el profesor y que siguen los párrafos del texto. Algunos momentos de argumentación se producen más con fines de aclaración que con fines de llegar a una conclusión, de ahí que no necesariamente a una etapa de argumentación le siga una de clausura.



Figura 35. Etapas de la discusión en la sesión 4 (2012)

La sesión 7 (2012) (Figura 36) es continuación del material con el cual se inició la sesión 4 (Anexo 3). En general las etapas de confrontación corresponden con momentos de lectura. No se marcan específicamente las clausuras hasta el minuto 48:31.4:

“E1: excelente, muy bacano profe (0:48:34.3)

Profesor: sí o no (0:48:35.3)

E1: uy sí (0:48:35.7)”.

Una clausura que es un poco forzada por el profesor. En cambio en el minuto 50:50.5 se presenta una clausura de un estudiante:

“E1: sí es cierto, base por altura sobre dos y la hace como un triángulo, base por altura sobre dos (0:50:55.2)

E2: sí, sí eso iba a decir yo, sí, dada la división da el mismo área ya de una ( ) (0:50:59.2)”

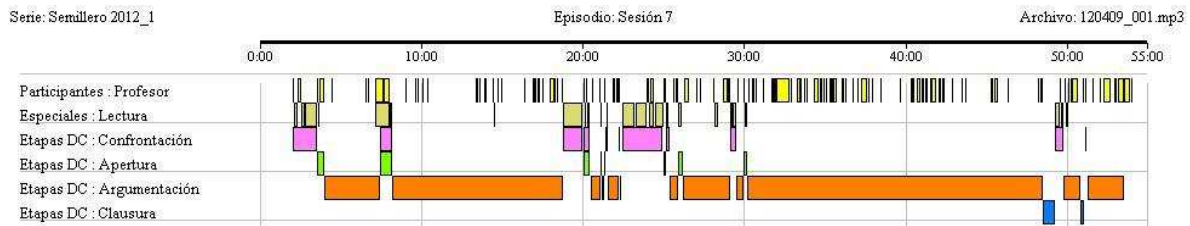


Figura 36. Etapas de la discusión crítica en la sesión 7 (2012)

En las sesiones 8 (2012) (Figura 37) y 9 (2012) (Figura 38) se analizan las respuestas escritas de los estudiantes (Anexo 4). Debido a la cantidad de respuestas discutidas es que aparecen tantas etapas de confrontación con las respectivas etapas de argumentación. Se identifican algunas aperturas explícitas y menos etapas de clausura.

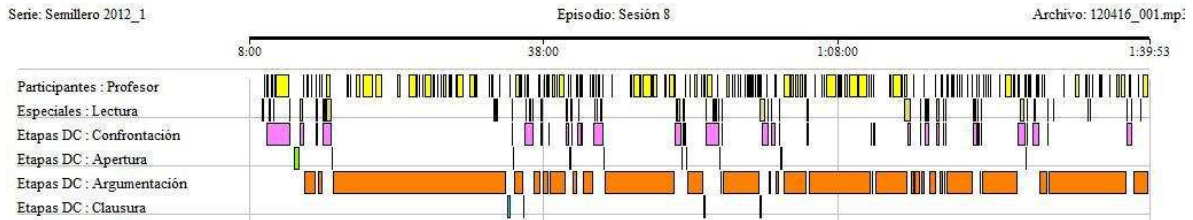


Figura 37. Etapas de la discusión crítica en la sesión 8 (2012)

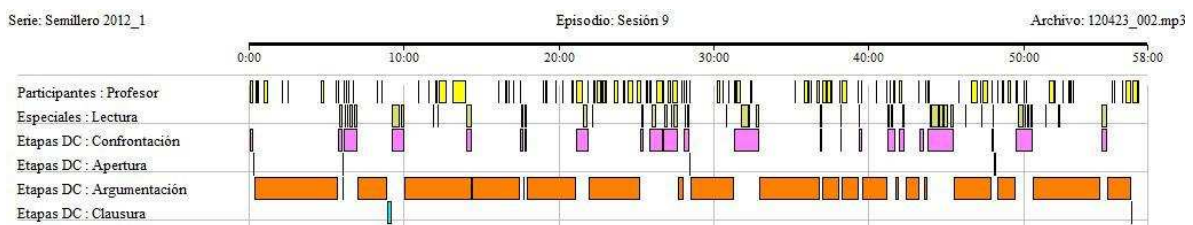


Figura 38. Etapas de la discusión crítica en la sesión 9 (2012)

#### 5.4.2 Análisis según las reglas de la Pragma-dialéctica

Para el análisis de las declaraciones según las reglas de la Pragma-dialéctica se seleccionaron algunos periodos de la sesión, aquellos en los que se apreciaba mayor interacción entre los estudiantes. El análisis del discurso fue realizado independiente del que se había realizado para el proceso argumentativo.

##### *Sesión 3b (2010-1)*

Para esta sesión se escogieron 5 ventanas de observación entre el minuto 21:59.7 y el tiempo 1:11:09.5. Se identifican declaraciones que se ubican en las reglas 1 (de libertad), 2 (de la carga de la prueba), 3 (de punto de vista), 4 (de la relevancia), 6 (del punto de partida), 7 (del esquema de la argumentación), 9 (de clausura) y 10 (del uso). Algunos ejemplos de estas declaraciones son:

Regla 1 (de libertad):

“E1: ah pero es sin contar, o sea sería, tú estás diciendo que es sin contar que:: lo que decían acá sin quitar este pedazo, pues no entiendo, es o sea si es con esta forma igual el agua no sería como la misma<sup>↑</sup>, la que le está llegando a la compuerta (0:24:38.7)”.

Regla 2 (de la carga de la prueba):

“E1: pero no se supone que no vamos a tomar en cuenta eso o sí (0:33:42.6)

E2: porque es que esta está soportado sobre, o sea, este peso lo está contrarrestando el suelo, no<sup>↑</sup>. Entonces no va a contar acá (0:33:51.5)”.

Regla 2\_f (falacia a la Regla 2 de la carga de la prueba):

“E1: pero si yo estoy diciendo lo mismo, que no importa (0:50:55.5)”.

En este caso es una falacia del tipo *Argumentum ad verecundiam*: evadir el peso de la prueba dando una garantía personal de la corrección del punto de vista.

Regla 3\_f (falacia a la regla 3 de punto de vista):

“E1: es que el el, yo lo que le entiendo a él es que él dice que el otro material está ejerciendo presión debido a que ahí hablan de una presión total, al al estar como ( ) en ese vasito hablan de la presión total de esto, entonces por eso es que él dice que, que el otro ( ) también deberá ejercer una presión (0:38:04.4)”.

En este caso es una falacia del tipo Hombre de paja: imputar un punto de vista ficticio o distorsionar el punto de vista de la parte contraria.

Regla 4 (de la relevancia):

“E1: entonces ahí también como se disminuye un poquito el volumen, entonces yo me contradigo y digo que, que también disminuye un poquito la fuerza, pues disminuye mínimamente pero disminuye (0:50:21.3”.

En esta declaración, aunque se cumple con la regla 4, se está cometiendo una falacia a la regla 7 (R7\_f) del tipo *Secundum quid* (generalización apresurada) al intentar hacer una generalización basada en una observación que no es representativa (“pues disminuye mínimamente pero disminuye”).

Regla 9 (de clausura):

“E1: ya me están convenciendo profe (1:05:37.7)”.

Regla 10\_f (falacia a la Regla 10 del uso):

“E1: eso no importa (0:33:52.3)”.

En este caso se trata de una falacia a la regla 10 por la vaguedad del comentario.

A continuación se comparará el análisis realizado sobre las declaraciones de la Tabla 6 con los elementos del proceso argumentativo, teniendo en cuenta las identificaciones realizadas aparte observando las reglas de la Pragma-dialéctica. La Tabla 12 presenta los marcadores del discurso para el análisis crítico según la Pragma-dialéctica para las declaraciones de la Tabla 6 de la sesión 3b (2010). Se incluyen aquí los marcadores del proceso argumentativo con el objetivo de hacer un análisis comparativo y de relación entre ambas vías de análisis.



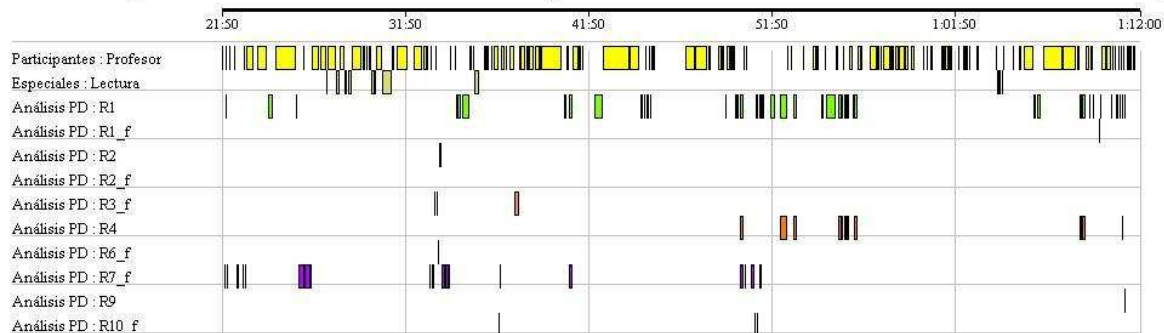


Figura 39. Marcadores en la sesión 3b (2010) según las reglas de la Pragma-dialéctica

Tabla 12. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes de la sesión 3b (2010) (Tabla 6)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Final	Proceso argumentativo	Análisis crítico del discurso (Pragma-dialéctica)
Tiempo (h:mm:ss)	Tiempo (h:mm:ss)		
0:21:59.7	0:22:02.5	D. de explicación (c-c)	R7_f (falacia a la regla 7)
0:23:00.1	0:23:04.4	D. de explicación (c-c)	R7_f (falacia a la regla 7)
0:23:05.5	0:23:10.9	D. de explicación (c-c)	R7_f (falacia a la regla 7)
0:33:11.2	0:33:15.4	D. de soporte inapropiada (c-c)	R7_f (falacia a la regla 7)
0:33:52.3	0:34:04.4	D. de soporte inapropiada (c-c)	R7_f (falacia a la regla 7)
0:34:44.2	0:34:55.5	D. de invitac. a participar (S)	R1 (de libertad)
0:34:56.9	0:35:22.7	D. de invitac. a participar (S)	R1 (de libertad)
		D. de autorreflexión (S)	
		D. de refuerzo comunicat. (S)	
		D. de distinción o conexión (E)	
0:53:04.0	0:53:14.7	D. de invitac. a participar (S)	R1 (de libertad)
		D. de validación (c-c)	R4 (relac. punto de vista)
1:02:28.6	1:02:31.2	D. de soporte (c-c)	-
		D. de invitac. a participar (S)	
1:02:40.9	1:02:44.5	D. reclam. de incredul. (c-c)	-
		D. de soporte inapropiada (c-c)	
1:02:49.0	1:03:03.8	D. de autorreflexión (S)	-
1:03:10.8	1:03:13.0	D. de soporte (c-c)	-
1:08:46.5	1:09:00.2	D. de reconocimiento (S)	R1 (de libertad)
			R4 (relac. punto de vista)

Las declaraciones que se producen en los minutos 21:59.7, 23:00.1, 23:05.5, 33:11.2 y 33:52.3, que en el análisis del proceso argumentativo se marcaban como de explicación o de soporte inapropiada, se han marcado en el análisis pragma-dialéctico como actos de habla que caen en la Regla 7 como falacias. Se refieren en este caso a la falacia *Secundum quid* (generalización apresurada) como se puede verificar en la Tabla 6.

Las declaraciones en los minutos 34:44.2, 34:56.9 y 53:04.0 fueron identificadas en la pragma-dialéctica en la Regla 1 (regla de libertad) y precisamente en el proceso argumentativo tienen en común la declaración de la categoría social invitación a participar (S). La declaración del minuto 53:04.0 tiene además identificada en la pragma-dialéctica la relación con la Regla 4 (relación con el punto de vista) y en el proceso argumentativo la declaración de validación (E).

Las declaraciones de los tiempos 1:02:28.6 a 1:03:13.0 no fueron analizadas de acuerdo con las reglas de la pragma-dialéctica porque no estaban en los periodos inicialmente seleccionados. Es por ello que no se incluyen en la Tabla 12. En el tiempo 1:08:46.5 se relaciona la declaración de reconocimiento (S) en el proceso argumentativo con la Regla 1 (de libertad) y la Regla 4 (de relación con el punto de vista).

#### *Sesión 4 (2012-1)*

Para esta sesión se escogieron 7 ventanas de observación entre el minuto 5:23.2 y el tiempo 1:07:13.1. Se identifican declaraciones que se ubican en las reglas 1 (de libertad), 2 (de la carga de la prueba), 4 (de la relevancia), 6 (del punto de partida), 7 (del esquema de la argumentación), y 8 (de la validez).

La Tabla 13 presenta los marcadores del discurso para el análisis crítico según la Pragma-dialéctica para las declaraciones de la Tabla 7 de la

sesión 4 (2012). Se incluyen también aquí los marcadores del proceso argumentativo.

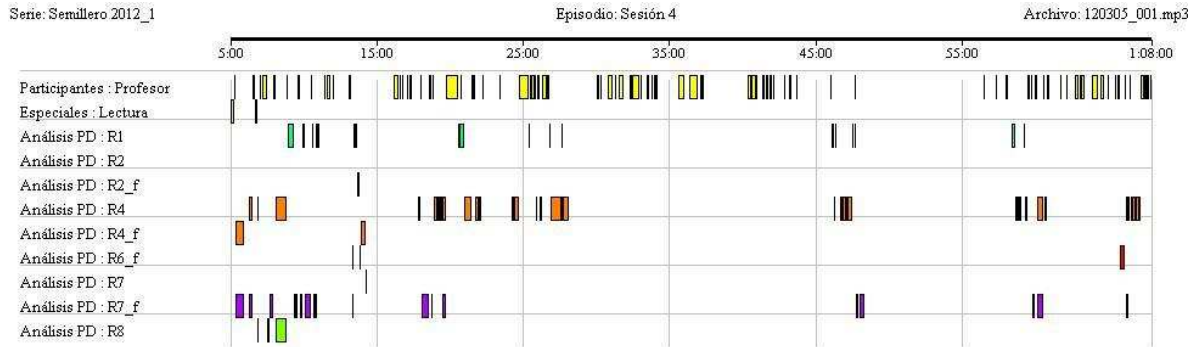


Figura 40. Marcadores en la sesión 4 (2012) según las reglas de la Pragma-dialéctica

Tabla 13. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes de la sesión 4 (2012) (Tabla 7)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Final	Proceso argumentativo	Análisis crítico del discurso (Pragma-dialéctica)
Tiempo (h:mm:ss)	Tiempo (h:mm:ss)		
0:05:23.2	0:05:55.7	D. de soporte (c-c)	R4_f R7_f
0:18:05.2	0:18:35.0	D. de validación (c-c)	R7_f
0:24:25.4	0:24:42.4	D. de explicación (c-c)	R4
0:27:42.8	0:28:08.0	D. de soporte (c-c)	R4
0:46:07.0	0:46:13.4	D. en lenguaje de la ciencia (E)	
0:47:47.1	0:47:54.7	D. de invitación a participar (S)	R1
0:48:39.5	0:48:55.5	D. de autorreflexión (S)	R7_f
		D. Uso de teorías , leyes y modelos (E)	-
		D. de evidencia (E)	
0:58:36.1	0:58:39.1	D. de autorreflexión (S)	-
1:06:51.5	1:07:06.5	D. de autorreflexión (S)	R4
		D. de refuerzo comunicativo (S)	

Sesión 7 (2012-1)

Para esta sesión se escogieron 5 ventanas de observación entre el minuto 4:02.0 y el minuto 53:10.9. Se identifican declaraciones que se ubican en las reglas 1 (de libertad), 2 (de la carga de la prueba), 4 (de la relevancia), y 7 (del esquema de la argumentación).

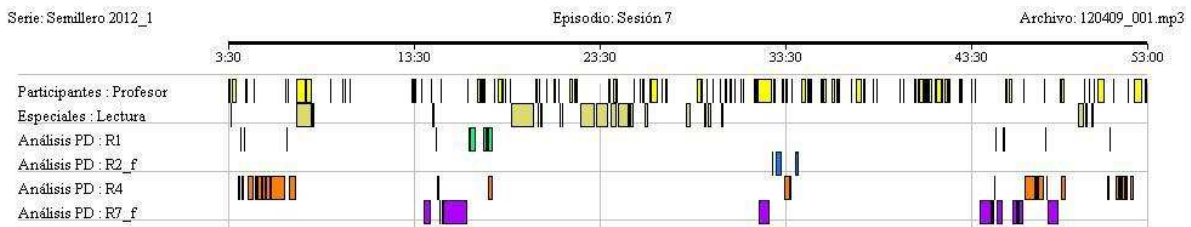


Figura 41. Marcadores en la sesión 7 (2012) según las reglas de la Pragma-dialéctica

La Tabla 14 presenta los marcadores del discurso para el análisis crítico según la Pragma-dialéctica para las declaraciones de la Tabla 8 de la sesión 7 (2012). Se incluyen también los marcadores del proceso argumentativo.

Tabla 14. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes de la sesión 7 (2012) (Tabla 8)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Final	Para el proceso argumentativo	Para el análisis crítico del discurso (Pragma-dialéctica)
Tiempo (h:mm:ss)	Tiempo (h:mm:ss)		
0:04:02.0	0:04:12.1	D. Soporte (c-c)	R4
0:06:49.3	0:07:11.5	D. Soporte (c-c)	R4
0:14:02.8	0:14:25.0	D. Soporte inapropiada (c-c)	-
0:17:40.6	0:17:47.9	D. Examinación evidencia (E)	R1, R4
0:32:03.7	0:32:39.1	D. Soporte inapropiada (c-c)	R7_f
		D. Invitación a participar (S)	
0:34:01.9	0:34:13.1	D. Explicación (c-c)	R2_f
		D Autorreflexión (S)	
0:43:58.4	0:44:37.2	D. Distinción o conexión (E)	R7_f
		D. en lenguaje de la ciencia(E)	
		D. que usa leyes y modelos (E)	
0:48:18.7	0:48:19.8	-	R4
0:50:50.5	0:50:55.2	D. en lenguaje de la ciencia (E)	-
		D. Evaluación datos (E)	
0:52:15.2	0:52:17.0	D. Autorreflexión (S)	R4
		D. Refuerzo comunicativo (S)	

### 5.4.3 Interpretación de resultados del análisis de la discusión crítica (Pragma-dialéctica)

Si bien no se llevó a cabo el análisis de todas las declaraciones para el corpus discursivo de las 5 sesiones, el análisis realizado para las sesiones 3b (2010), 4 (2012) y 7 (2012), verifica la pertinencia que tiene el análisis del discurso en el aula de ciencia desde la interacción comunicativa a partir de la teoría Pragma-dialéctica. En el corpus analizado pudieron reconocerse involucradas 9 de las 10 reglas de la Pragma-dialéctica. La regla 5, que se refiere a las premisas implícitas, no fue identificada, debido a que en general los participantes se acogieron a presentar declaraciones

de premisas explícitas y de igual manera a responder a partir del mismo tipo de declaraciones por parte del oponente.

Quizás, más importante que la identificación de las reglas, resulta la detección de las falacias a las reglas, pues este reconocimiento permite conocer en qué aspectos debe mejorarse la comunicación en la discusión crítica. En este caso se presentaron las falacias a la Regla 2 (evadir el peso de la prueba), a la Regla 3 (Hombre de paja), a la Regla 4 (*Argumentum ad verecundiam* como falacia ética), a la Regla 6 (razonamiento circular), a la Regla 7 (*Argumentum ad verecundiam*, y *Secundum quid*) y a la Regla 10 (Vaguedad). Hacer conciencia de estas faltas en la adecuada comunicación permitirá el mejoramiento de la misma con miras a lograr un camino más adecuado para la resolución de las discusiones

#### **5.4.4 Interpretación de resultados al comparar el proceso argumentativo y la discusión crítica**

Las comparaciones entre la descripción de los elementos del proceso argumentativo (del protocolo ASAC) y los de la discusión crítica (Pragmadialéctica), permiten establecer las relaciones que se presentan en la Tabla 15. Lo que se observa en ello es que los elementos de ambas vías de análisis se relacionan entre sí. Si bien no es una relación biunívoca, permite identificar sobre qué aspectos son más determinantes ciertos elementos. Así por ejemplo, la Regla 1 (de libertad) estaría localizada en los aspectos sociales. La regla 2 (de la carga de la prueba) con aspectos conceptual-cognitivos y sociales. La regla 3 (de punto de vista) con aspectos epistémicos. La regla 4 (de la relevancia) con los tres aspectos. Las reglas 5 (de la premisa no expresada) y 6 (del punto de partida) con aspectos conceptual-cognitivos. Las reglas 7 (del esquema de la argumentación) y 8 (de la validez) con aspectos conceptual-cognitivos y

epistémicos. La regla 9 (de clausura) con aspectos sociales. Y la regla 10 (del uso) con aspectos epistémicos.

De esta manera se evidencia la relación entre la argumentación cotidiana para la cual es aplicable la teoría Pragma-dialéctica, con la argumentación científica. Para el caso del aula, se trataría entonces de fortalecer aquellos actos de habla en los cuales se identifiquen las falacias, con el fin de mejorar los aspectos del proceso argumentativo que hemos clasificado en las categorías conceptual-cognitiva, epistémica y social.

Siendo consecuentes con el análisis de los resultados del proceso argumentativo, nos atreveríamos a recomendar que con el fin de mejorar los aspectos epistémicos debiera cuidarse especialmente el uso correcto de las Reglas 3, 4, 7 y 10, evitando las falacias Hombre de paja (Regla 3), *Argumentum ad verecundiam* como falacia ética (Regla 4), *Argumentum ad verecundiam* (Regla 7), *Secundum quid* (Regla 7) y Vaguedad (Regla 10).

Como puede observarse en la Tabla 12, en la sesión 3b (2010) las falacias (todas de la regla 7) se producen en declaraciones de explicación (c-c) o de soporte inapropiada (c-c); en la sesión 4 (2012) se producen falacias a las reglas 4 y 7 (Tabla 13) en declaraciones de soporte (c-c), de validación (c-c) y de autorreflexión (S); y en la sesión 7 se producen falacias a las reglas 2 y 7 (Tabla 14) en declaraciones de explicación (c-c) y de distinción o conexión (E). Es decir, las falacias afectan los tres aspectos del proceso argumentativo.

Tabla 15. Relación entre los elementos del proceso argumentativo (protocolo ASAC) y las reglas de la Pragma-dialéctica

Elemento basado en el protocolo ASAC		Regla Pragma-dialéctica									
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
<b>Aspectos conceptual-cognitivos</b>											
1	Declaración de explicación		R2					R7			
2	Declaración alternativa								R8		
3	Declaración de reclamación de inconsistencia					R5					
4	Declaración de reclamación de incredulidad					R5					
5	Declaración de soporte				R4			R7			
6	Declaración de soporte inapropiada							R7			
7	Declaración de validación				R4		R6	R7			
<b>Aspectos epistémicos</b>											
8	Declaración retórica								R8		
9	Declaración de evidencia			R3					R8		
10	Declaración de examinación de evidencia				R4						R10
11	Declaración de evaluación de datos				R4						
12	Declaración que usa teorías, leyes o modelos										R10
13	Declaración de distinción o conexión			R3				R7			
14	Declaración en el lenguaje de la ciencia										R10
<b>Aspectos sociales</b>											
15	Declaración de autorreflexión	R1									
16	Declaración de respeto y consideración	R1							R9		
17	Declaración de reconocimiento de ideas	R1	R2								
18	Declaración de invitación a participar	R1	R2								
19	Declaración de refuerzo comunicativo	R1			R4						



## **6 El proceso de aprendizaje durante la argumentación en el aula**

El análisis del corpus discursivo de la argumentación en el aula, llevado a cabo desde la base del protocolo ASAC y desde la Pragma-dialéctica, ha permitido describir el proceso argumentativo teniendo en cuenta tanto aspectos de la educación en ciencias como de la discusión crítica. Siendo de interés en este trabajo dar cuenta de la construcción de conocimiento en el aula a partir de la interacción argumentativa de los estudiantes, conviene proponer otros elementos como marcas del discurso que den cuenta de manera más específica de cómo se lleva a cabo esta construcción de conocimiento y por tanto, cómo se desarrolla el proceso de aprendizaje en el aula.

Con ese propósito y con base en los análisis previos desarrollados con los marcos del protocolo ASAC y las reglas de la Pragma-dialéctica, se definieron para el corpus discursivo 10 actos relacionados con el proceso de aprendizaje. Estos elementos pretenden ser un complemento para los análisis del proceso argumentativo y de la discusión crítica, de manera que pueda establecerse una conexión entre todos ellos. Se podrá hablar así en este trabajo de tres vías para el análisis del discurso en el aula: a partir del protocolo ASAC, a partir de la Pragma-dialéctica y a partir de los actos del proceso de aprendizaje. Conviene aclarar de todas formas que estos 10 actos han sido definidos a partir del corpus discursivo de esta investigación sin pretensión de generalización.

Según Biggs (2005) aunque el aprendizaje ha sido objeto de estudio y de investigación en la psicología desde el siglo XX, poco de este esfuerzo se ha traducido en una mejora de la enseñanza porque ha habido más una preocupación por construir una “magna teoría del aprendizaje” que por estudiar los contextos en los que las personas aprenden. Durante las últimas tres décadas se ha rectificado este enfoque de manera que en la actualidad se puede encontrar una gran cantidad de investigaciones sobre la manera en que los estudiantes desarrollan su aprendizaje. Biggs (2005) clasifica las teorías de la enseñanza y el aprendizaje que se centran en la actividad del estudiante en dos grupos principales: la fenomenología y el constructivismo. Aunque haya diferencias de matiz entre ambas orientaciones, el mismo Biggs (2005) prefiere definir un marco de referencia pragmático que ayude a la reflexión del ejercicio docente y propone para ello una teoría del aprendizaje de base amplia bien fundamentada empíricamente y que se pueda traducir con facilidad a la práctica. Esto significa constructivismo para Biggs. El aspecto común con ambas orientaciones es que el significado no se impone ni se transmite mediante la enseñanza directa sino que se crea mediante las actividades de aprendizaje de los estudiantes.

Para Biggs (2005) el aprendizaje es una forma de interactuar con el mundo. A medida que se aprende cambian nuestras concepciones de los fenómenos y el mundo se aprecia de forma diferente. No es por tanto la adquisición de información en sí la que conlleva al cambio sino más bien la forma en la que se estructura esa información y en cómo se piensa en ella. De esta manera la educación tiene que ver con el *cambio conceptual* y no solo con la adquisición de información. En una orientación cognitiva del aprendizaje podría definirse como la construcción de significados mediante

procedimientos internos como la percepción, la comprensión y la memoria (Amaya y Prado, 2002).

En esta investigación no nos enmarcamos en una teoría específica del aprendizaje sino mas bien en una postura pragmática tal como se hizo para el análisis del proceso argumentativo y de los actos de habla. De esta manera tomamos el mismo corpus discursivo y definimos a partir de los análisis previos del discurso unos marcadores de los que denominaremos actos del proceso de aprendizaje.

### **6.1 Actos del proceso de aprendizaje**

A partir de los distintos fundamentos teóricos presentados a lo largo de esta investigación, de la experiencia en las sesiones en el aula y del análisis del corpus discursivo con los elementos del protocolo ASAC y de la Pragma-dialéctica, se definieron 10 actos del proceso de aprendizaje tomando como base la sesión 3b (2010). Los mismos actos fueron revisados luego en los demás casos de estudio (las sesiones 4, 7, 8 y 9 de 2012). Estos actos tienen por objetivo identificar los distintos momentos de las sesiones en el aula que dan cuenta del proceso en el cual se va construyendo conocimiento y con el que se va adquiriendo por tanto aprendizaje. Si bien no dan cuenta en sí de qué se aprende, sí lo hacen en cuanto a describir cómo se aprende en la interacción. De esta manera ofrecemos una postura más pragmática que de enfoque cognitivo.

Estos actos se describen así:

1) Solicitud de aclaración: los estudiantes piden aclaración de lo que se está exponiendo ya sea porque es algo nuevo, porque les es extraño, porque les es confuso, o porque les parece contradictorio. Esta solicitud contribuye al encuentro de las ideas.

2) Interpretación: resulta importante cuando se trata de llegar a un acuerdo conocer cómo cada participante interpreta una situación determinada. Tal interpretación puede ser diferente de acuerdo con la experiencia personal.

3) Escepticismo: forma parte de las creencias y saberes del participante. La manifestación de escepticismo permite al docente conocer con qué ideas previas del estudiante se enfrenta.

4) Reclamación de fundamentos: el estudiante pide el soporte teórico que explica la situación o la idea expuesta. Es un indicio de su interés en construir el conocimiento.

5) Evaluación inconsistente: resulta muy útil identificar las evaluaciones que los estudiantes hacen de las situaciones aún si los elementos de explicación que utilizan son inapropiados pues esto permite al docente corregir tales ideas.

6) Evaluación: aquí se refiere a la evaluación apropiada que el estudiante realiza de la situación y que demuestra el saber adecuado de la idea que expone.

7) Confusión: el estudiante pudiera o no ser consciente de su falta de claridad y necesita por tanto refuerzo para resolver la confusión.

8) Posiciones contrarias: especialmente en el caso de la interacción oral, la identificación de ideas o posiciones opuestas entre los participantes debe llevar a la evaluación de las ideas y en el caso de la educación en ciencias, a la presentación de elementos que permita una solución del conflicto.

9) Aclaración parcial: no todos los participantes alcanzan la claridad en el mismo momento pero identificar a quien lo ha logrado puede permitir llegar mejor a los demás.

10) Conclusión: es el acto al que esperan llegar todos los participantes, cuando se ha logrado el acuerdo y la aceptación de la idea.

La Tabla 16 reúne los 10 actos descritos anteriormente.

Tabla 16. Marcadores del discurso para el análisis del proceso de aprendizaje

Elemento para el análisis del aprendizaje (Actos del proceso de aprendizaje)
Solicitud de aclaración
Escepticismo
Interpretación
Reclamación de fundamentos
Evaluación inconsistente
Confusión
Evaluación
Posiciones contrarias
Aclaración parcial
Conclusión

## 6.2 Identificación de los actos de aprendizaje en el aula

La Figura 42, la Figura 43, la Figura 44, la Figura 45, y la Figura 46 muestran la identificación de los marcadores de los actos de aprendizaje para las sesiones 3b (2010), 4 (2012), 7 (2012), 8 (2012) y 9 (2012) respectivamente. Como en el caso del análisis del proceso argumentativo (elementos del protocolo ASAC) y de la discusión crítica (Pragmática dialéctica), este análisis se hizo de manera independiente.

*Sesión 3b (2010)*

Siguiendo el diagrama de la Figura 42 se identifica la primera intervención de un estudiante en el minuto 10:25.4 con una solicitud de aclaración seguida de una interpretación en el minuto 11:38.4 y de reclamación de fundamentos en el minuto 13:31.8. En el minuto 21:59.7 aparece una evaluación inconsistente y en el 23:33.1 una solicitud de aclaración. Entre el minuto 30 y 60, se identifican turnos de actos así: reclamación de fundamentos, solicitud de aclaración, evaluación inconsistente, interpretación, evaluación inconsistente, evaluación, interpretación, evaluación inconsistente, interpretación, solicitud de aclaración, confusión, evaluación inconsistente, posiciones contrarias, aclaración parcial (minuto 42:11.2). Es decir que el primer acto de manifestación de claridad aparece en el minuto 42:11.2 con la aclaración parcial, así se note cierta inseguridad:

“pues este pedazo, sí pues este pedazo de acá, total que es el que está como cogiendo toda, pues, como toda el agua, que le está llegando como pues no sé (risas), como solamente este pedacito de aquí, según el área que tiene la plaquetica pues, que es el que en realidad le está afectando, como que es lo que nos importa, que es lo que le está llegando pues de agua a la plaquita, yo no sé (risas)”.

Se siguen después actos de reclamación de fundamentos, solicitud de aclaración, evaluación, interpretación, confusión, posiciones contrarias, reclamación de fundamentos, evaluación inconsistente y otra aclaración parcial en el minuto 50:43.2:

“E1: pues que la presión es la misma sin importar que, el volumen que haya, le está llegando la misma cantidad de agua a la tapa (0:50:54.3)

E2: pero si yo estoy diciendo lo mismo, que no importa (0:50:55.5)

E3: es que es lo que él está diciendo (0:50:57.1)

E2: que es lo que hay por encima de la compuerta y ya (0:50:59.4)

E1: de la tapa (0:50:59.4)

E3: o sea no importa, simplemente lo que afecta es lo que le llegue directamente a la placa, porque pues (0:51:04.0)

E4: y la profundidad en que esté y ya, es lo que lo va a hacer aumentar (0:51:08.2)

E3: sí”.

Al comienzo hay cierta imprecisión del estudiante E1 cuando dice “le está llegando la misma cantidad de agua a la tapa”, pero después el estudiante E4 lo aclara cuando dice “la profundidad en que esté y ya”. Cuatro estudiantes están involucrados en este fragmento de interacción. Queda un estudiante que todavía manifiesta confusión en el tiempo 1:02:40.9:

“E5: o sea todavía tengo mucha duda en eso profe, pues por qué dicen que es lo mismo (1:02:44.5)”.

Se destaca un intenso periodo de interpretación entre el minuto 53:14.7 y el tiempo 1:05:33.0. Vienen luego momentos de solicitud de aclaración, aclaración parcial, posiciones contrarias, aclaración parcial, posiciones contrarias, interpretación, confusión, evaluación y conclusión en el tiempo 1:16:10.9:

“Profesor: ah↑ (1:16:10.9)

E1: no, como así que con la duda de E3, ya no habíamos quedado pues que la presión y la fuerza eran iguales (1:16:16.8)

E2: ahí pues la presión y la fuerza ahí son iguales (1:16:20.1)

E3: pues, entonces cómo así ( ) si la presión es la misma entonces cómo va a cambiar la fuerza, no entonces (1:16:24.3)

E1: es que no, la la fuerza no cambia (1:16:26.1)

E3: por eso, por eso, ya habíamos llegado a que la presión es la misma entonces esto no ayuda en nada (1:16:30.6)

Profesor: eso no ayuda en nada (1:16:32.8)

Varios: no ayuda en nada, no (1:16:33.8)

E2: es que eso es lo que estamos diciendo, eso era lo que vos estabas apoyando, que no importaba la forma que la presión (1:16:39.3)

E4: pero él está diciendo que acá recibe una fuerza que si eso se, se pues, si acá se recibe una fuerza esto no se disminuye acá (1:16:48.2)

E1: no, es lo mismo (1:16:49.2)”. ”.

En síntesis, para esta sesión 3b (2010) el proceso se inicia con una solicitud de aclaración, seguida de un acto de interpretación y de uno de reclamación de fundamentos. Más adelante aparece la evaluación inconsistente y la evaluación. Todos estos actos se suceden unos y otros hasta que se revela una confusión seguida de un acto de posiciones contrarias y una aclaración parcial. A partir de ahí se suceden de nuevo todos estos actos (e incluso un acto de escepticismo) hasta alcanzar una conclusión. Después de ello se presentan de nuevo todos estos actos para cerrar definitivamente en una conclusión. En la Figura 47, la Figura 48, la Figura 49, y la Figura 50 se observa el predominio de los actos de interpretación (16), de solicitud de aclaración (13) y de reclamación de fundamentos (10) en esta sesión.



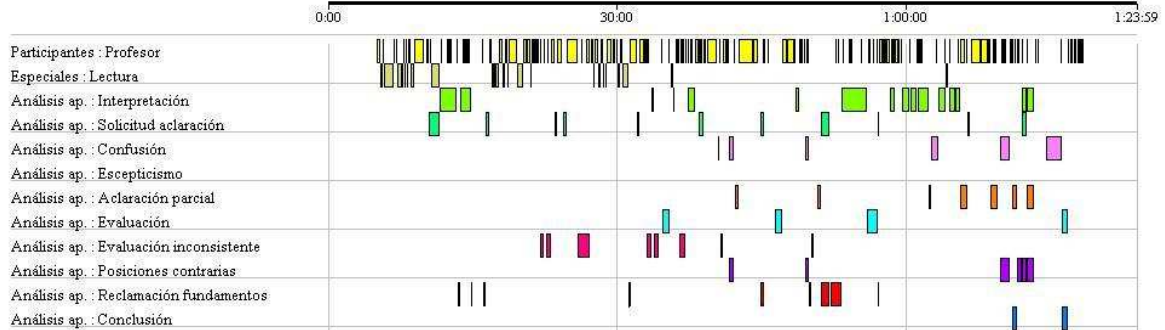


Figura 42. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 3b (2010)

En la Tabla 17 se presentan los marcadores de las tres vías de análisis para las declaraciones de la sesión 3b (2010) de la Tabla 6. El propósito es establecer la relación entre los elementos de las tres vías: los actos del proceso argumentativo (del protocolo ASAC), los actos de la discusión crítica (la Pragma-dialéctica) y los actos del proceso de aprendizaje.

Las declaraciones de los minutos 21:59.7, 23:00.1, 23:05.5, 33:11.2 y 33:52.3 se han marcado como de evaluación inconsistente y se relacionan con la falacia a la regla 7 (del esquema de la argumentación) de la Pragma-dialéctica (*Secundum quid*, generalización apresurada), marcadas en el proceso argumentativo como explicaciones (c-c) o como declaraciones de soporte inapropiado (c-c).

Las declaraciones de los minutos 34:44.2 y 34:56.9 se han identificado como de evaluación y se relacionan con la regla 1 (de libertad) y con varias marcaciones del proceso argumentativo como invitación a participar (S), autorreflexión (S), refuerzo comunicativo (S) y distinción o conexión (E).

En el minuto 53:04.0 se identifica un acto de reclamación de fundamentos que se ha marcado con las reglas 1 (de libertad) y 4 (de relevancia) desde la mirada Pragma-dialéctica, y con los elementos de validación (c-c) y de invitación a participar (S) del proceso argumentativo.

En el tiempo 1:02:28.6 se reconoce una aclaración parcial que coincide con los elementos del proceso argumentativo de soporte (c-c) y de invitación a participar (S). No aparece información de la observación desde la Pragma-dialéctica porque esta declaración no estaba dentro de las ventanas de análisis seleccionadas.

En los tiempos 1:02:40.9, 1:02:49.0, 1:03:10.8, se reconocen actos de confusión que se relacionan en el proceso argumentativo con la declaración de reclamación de incredulidad (c-c), la declaración de soporte inapropiada (c-c), la de autorreflexión (S) y la de soporte (c-c).

Finalmente, en el tiempo 1:08:46.5, un acto de aclaración parcial se relaciona con las reglas 1 (de libertad) y 4 (de la relevancia) desde el punto de vista Pragma-dialéctico, y con la declaración de reconocimiento (S) del proceso argumentativo.

Lo que se aprecia aquí, como en el caso de los elementos del proceso argumentativo y de las reglas de la Pragma-dialéctica que se confrontaban en el apartado anterior (Tabla 15 del apartado 5.4.2) es que tampoco existe una relación biunívoca. De todas maneras es posible reconocer que cada mirada cobija diversos aspectos en cada elemento, regla o acto. Resulta ser incluso posible que una declaración, como se ha visto, se identifique con varios elementos del proceso argumentativo, varias reglas de la Pragma-dialéctica y varios actos de aprendizaje. Tal identificación no es exacta y no pretendemos que lo sea, precisamente porque depende en buena parte del contexto de la situación. Cualquiera de estas tres vías que se proponen para el análisis del diálogo argumentativo lo que pretende es ser un facilitador para el docente en el reconocimiento de los elementos que se involucran en el discurso de aula.



#### *Sesión 4 (2012)*

En la sesión 4 (2012) (Figura 43) se inicia el proceso de aprendizaje con un acto de interpretación (minuto 5:23.2) que es a la vez una conclusión:

“E1: pero obviamente sí tiene algún efecto pues, cuando uno se hunde y le empiezan a doler los oídos eso quiere decir que ya está uno a una presión muy grande ( ) pues en que el cuerpo empieza a sufrir con esa presión cierto ( ) que uno siente, obviamente sí tiene que haber un efecto ( ) y obviamente cada vez que se sumerja más, la presión va a ser mayor, hasta que llegue un punto que ya el cuerpo humano tal vez no pueda resistirlo (0:05:55.7)”.

Tabla 17. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 3b (2010) (Tabla 6)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Proceso argumentativo	Análisis crítico del discurso (Pragma-dialéctica)	Proceso de aprendizaje
Tiempo (h:mm:ss)			
0:21:59.7	D. de explicación (c-c)	R7_f (falacia a la R7)	Evaluación inconsist.
0:23:00.1	D. de explicación (c-c)	R7_f (falacia a la R7)	Evaluación inconsist.
0:23:05.5	D. de explicación (c-c)	R7_f (falacia a la R7)	Evaluación inconsist.
0:33:11.2	D. de soporte inapropiada (c-c)	R7_f (falacia a la R7)	Evaluación inconsist.
0:33:52.3	D. de soporte inapropiada (c-c)	R7_f (falacia a la R7)	Evaluación inconsist.
0:34:44.2	D. de invitac. a participar (S)	R1 (de libertad)	Evaluación
0:34:56.9	D. de invitac. a participar (S)	R1 (de libertad)	Evaluación
	D. de autorreflexión (S)		
	D. de refuerzo comunicat. (S)		
	D. de distinción o conexión (E)		
0:53:04.0	D. de validación (c-c)	R1 (de libertad)	Reclamación de fundam.
	D. de invitac. a participar (S)	R4 (de relevancia)	
1:02:28.6	D. de soporte (c-c)	-	Aclaración parcial
	D. de invitac. a participar (S)		
1:02:40.9	D. reclam. de incredul. (c-c)	-	Confusión
	D. de soporte inapropiada (c-c)		
1:02:49.0	D. de autorreflexión (S)	-	Confusión
1:03:10.8	D. de soporte (c-c)	-	Confusión
1:08:46.5	D. de reconocimiento (S)	R1 (de libertad)	Aclaración parcial
		R4 (de relevancia)	

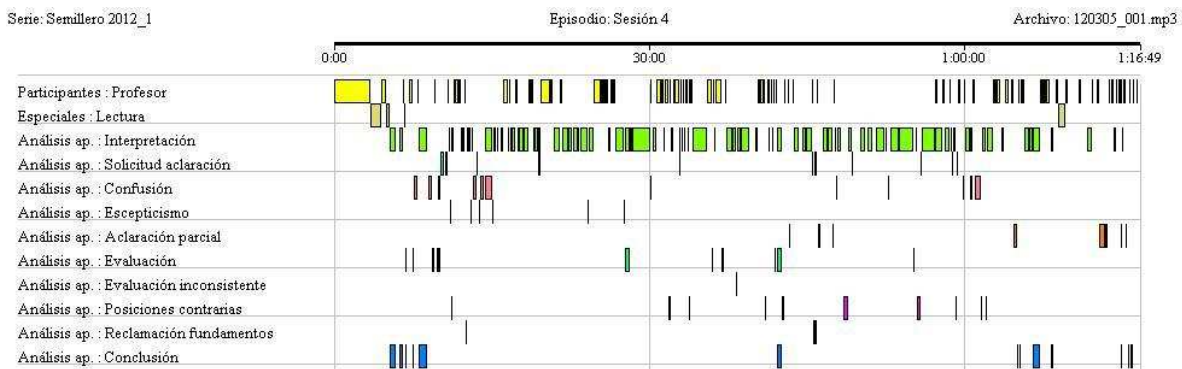


Figura 43. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 4 (2012)



Existe una notable diferencia entre ese comienzo de la sesión 4 (2012) y la sesión 3b (2010). Esto podría ser debido a que en la sesión 3b (2010) los estudiantes cursaban su segundo año del programa académico, mientras que en la sesión 4 (2012) su cuarto año. Por ello, mientras que en el primer caso los primeros actos se referían a la solicitud de aclaración, a la interpretación y a la reclamación de fundamentos, en el segundo la apropiación del conocimiento es mayor y gracias a ello, en una interpretación se puede estar presentando a la vez una conclusión. Aunque la mayoría de los estudiantes ya conocían la lectura porque habían participado en sesiones anteriores, en este caso sin embargo, el estudiante que interviene, no había participado en el análisis de esa lectura ni en sesiones ni en grupos anteriores.

Téngase en cuenta también que en la sesión 4, ya en la lectura se incorporan las preguntas (Anexo 3), con el propósito de dirigir a los participantes directamente a la situación planteada. En este caso sin embargo, después de tres momentos de lectura intercalados con interpretación y conclusión, los participantes se dirigen a una situación que si bien tiene relación con la pregunta y con el texto histórico, se separa de ese contexto a otro que es planteado por uno de los estudiantes. Esto va a llevar a que sin más lecturas, la interacción se desarrolle entre el minuto 6:50.0 y el tiempo 1:08:59.1.

Se destaca el gran número de declaraciones correspondientes a actos de interpretación como puede verse en la Figura 43. Tales interpretaciones van intercalándose con actos de evaluación, conclusión, confusión, solicitud de aclaración, posiciones contrarias, reclamación de fundamentos, evaluación inconsistente hasta llegar en el minuto 43:21.7 a una aclaración parcial:

“E1: [no, no la hay

E2: yo pienso que no], yo pienso que no hay ninguna diferencia (0:43:24.7)”.

Continúan después de ello presentándose interpretaciones, solicitud de aclaración, confusión, posiciones contrarias, evaluación, y unas reiterativas confusiones entre el minuto 59:22.5 y el tiempo 1:01:36.3:

“E1: no, yo no tengo ninguna teoría no sé (0:59:24.5)

E2: no sabe, todavía no lo tiene claro (0:59:26.8)

Profesor: pero:: E1, pero, pero estamos de acuerdo en que ya sabemos distribuir los esfuerzos en el cuerpo (0:59:33.0)

E1: sí:: (0:59:33.8)

Profesor: o sea y, y estamos de acuerdo en que no importa si es sólido o si es líquido, si los esfuerzos están igualmente distribuidos (0:59:40.4)

E1: ( ) (0:59:41.7)

(Silencio) (0:59:46.4)

Profesor: el problema es cuando está sumergido (0:59:48.8)

(Silencio) (0:59:50.3)

E1: que cuando yo estoy sumergido a mí ese peso pues yo, pues:: sí me van a doler los oídos me va a dar difícil respirar pero yo puedo estar ahí, pero si me ( ) y yo estando afuera (1:00:01.3)

Profesor: bueno ok, y:: pero mirémoslo desde la física no más o sea, porque (1:00:06.9)

E1: ah, no, desde la física no más va a ser lo mismo ( ) (1:00:10.1)

E3: ( ) él está ( ) es por ese caso en especial, desde el principio él estaba preguntando por ese caso (1:00:15.6)

Profesor: ah↑ (1:00:16.4)

E3: desde el principio él había preguntado por ese caso, pues uno mirándolo así, sí va a ser lo mismo, pero al principio estábamos mirando era que si le colocan esa, ese, esa columna de agua a uno ( ) afuera eso lo va a aplastar a uno, y uno por qué la puede soportar adentro, pues en especial (1:00:32.1)”.

Esas confusiones se debieron a cierto bloqueo provocado por una imagen, o un modelo, que el estudiante introdujo desde el principio de la sesión. El asunto se admitía desde la conceptualización física, pero cuando se involucraban aspectos fisiológicos (en este caso relativos al funcionamiento del cuerpo humano) se creaba confusión en uno de los estudiantes, precisamente en el mismo que lo había propuesto.

Continúan a partir de ese momento otras interpretaciones, una aclaración parcial y una conclusión en el tiempo 1:06:51.5:

“E1: él falla en decir que la fuerza solo viene de arriba, para luego que ( ) no lo sabía pero, pero ya se sabe, que pues la presión viene de todos los lados, entonces él está despreciando ( ), está tomando la columna superior pero por debajo también hay fuerza (1:07:06.5)

E2: si uno toma en cuenta sumatoria de fuerzas igual a cero, ( ) él solo vio un cuerpo estático y asumió que no había presión por eso (1:07:13.1)”.

En el fragmento anterior los estudiantes se están refiriendo específicamente a la lectura, están interpretando la causa del error en la explicación que hace el personaje del texto a la vez que presentan una razón conclusiva al decir que “pues la presión viene de todos los lados”.

En síntesis, en la sesión 4 (2012) se observa una gran cantidad de actos de interpretación (103) distribuidos a lo largo de toda la sesión. Se reconocen más actos de solicitud de aclaración que en la sesión 3b (18) y menos actos de reclamación de fundamentos (5). Esta comparación puede observarse en la Figura 47, la Figura 48, la Figura 49, y la Figura 50. Allí mismo se puede ver la mayor presencia de actos de confusión (15), evaluación (13), posiciones contrarias (11), aclaración parcial (10) y conclusión (14). La Figura 47 permite ver cómo de un acto se puede pasar a cualquier otro. Así por ejemplo de un acto de interpretación se puede pasar directamente a una conclusión (minuto 5:24.4) o a una evaluación (minuto 6:47.4) o a una confusión (minuto 7:42.7). Puede verse también que algunos actos se distribuyen a lo largo de toda la sesión 4 (2012) (interpretación, solicitud de aclaración, confusión, evaluación, posiciones contrarias, conclusión). No sucede con otros como escepticismo, que se produce hasta el minuto 27:40.3 o la aclaración parcial a partir del minuto 48:01.9, o la evaluación inconsistente (1) y la reclamación de fundamentos (5) que se producen unas pocas veces.

En la Tabla 18 se presentan los marcadores de las tres vías de análisis para las declaraciones de la sesión 4 (2012) de la Tabla 7.

En el minuto 5:23.2 se marca un acto de interpretación y una conclusión que se corresponden con falacias de la regla 4 (de la relevancia) y de la regla 7 (del esquema de la argumentación). La primera falacia se refiere al *Argumentum ad verecundiam* (como falacia ética) al defender el punto de vista usando medios de persuasión no argumentativos y enumerando las propias cualidades. La otra falacia se refiere al *Secundum quid* (generalización apresurada) al usar incorrectamente el esquema argumentativo apropiado de la concomitancia, haciendo generalizaciones



basadas en observaciones que no son representativas o que no son suficientes:

“E1: pero obviamente sí tiene algún efecto pues, cuando uno se hunde y le empiezan a doler los oídos eso quiere decir que ya está uno a una presión muy grande ( ) pues en que el cuerpo empieza a sufrir con esa presión, cierto ( ), que uno siente, obviamente sí tiene que haber un efecto ( ) y obviamente cada vez que se sumerja más, la presión va a ser mayor, hasta que llegue un punto que ya el cuerpo humano tal vez no pueda resistirlo (0:05:55.7)”.

En los minutos 18:05.2 y 24:25.4 se marcan actos de interpretación que se relacionan con la regla 4 (de la relevancia) y con la falacia a la regla 7 (del esquema de la argumentación), la *Secundum quid* (generalización apresurada) desde el punto de vista pragma-dialéctico. Teniendo en cuenta el proceso argumentativo, la identificación había sido de validación (c-c), de explicación (c-c) y de soporte (c-c). En el minuto 27:42.8 se marca un acto de interpretación y de evaluación que se relaciona con la regla 4 pragma-dialéctica (de la relevancia) y con dos elementos del proceso argumentativo: la declaración de soporte (c-c) y la declaración en lenguaje de la ciencia (E).

En el minuto 46:07.0 se marca una aclaración parcial relacionada con la regla 1 pragma-dialéctica (de libertad) y a la declaración de invitación a participar (S) del proceso argumentativo.

Un acto de confusión en el minuto 47:47.1 se reconoce como una falacia a la regla 7 pragma-dialéctica (*Secundum quid*, la generalización apresurada) y como una declaración de autorreflexión (S).

En el minuto 48:39.5 se presenta un acto de posiciones contrarias en una declaración con el uso de teorías, leyes y modelos (E) y una

declaración de evidencia (E). No se presenta el resultado desde la observación pragma-dialéctica porque la declaración no está entre las ventanas de la selección previa.

En el minuto 58:36.1 se marca una interpretación que se relaciona con una declaración de autorreflexión (s) y en el tiempo 1:06:51.5 se marca también una interpretación que se relaciona con la regla 4 pragma-dialéctica (de la relevancia) y con las declaraciones de autorreflexión (S) y de refuerzo comunicativo (S).

Tabla 18. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 4 (2012) (Tabla 7)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Proceso argumentativo	Análisis crítico del discurso (Pragma-dialéctica)	Proceso de aprendizaje
Tiempo (h:mm:ss)			
0:05:23.2	D. de soporte (c-c)	R4_f R7_f	Interpretación Conclusión
0:18:05.2	D. de validación (c-c)	R7_f	Interpretación
0:24:25.4	D. de explicación (c-c)	R4	Interpretación
0:27:42.8	D. de soporte (c-c)	R4	Interpretación
	D. lenguaje de la ciencia (E)		Evaluación
0:46:07.0	D. de invitac. a participar (S)	R1	Aclaración parcial
0:47:47.1	D. de autorreflexión (S)	R7_f	Confusión
0:48:39.5	D. Uso de teorías, leyes y modelos (E)	-	Posiciones contrarias
	D. de evidencia (E)		
0:58:36.1	D. de autorreflexión (S)	-	Interpretación
1:06:51.5	D. de autorreflexión (S)	R4	Interpretación
	D. de refuerzo comunicat. (S)		Conclusión

### Sesión 7 (2012)

La sesión 7 es continuación de la lectura que se había comenzado en la sesión 4 y en la cual se había llegado hasta la pregunta 3 (¿Por qué podrá notarse la presión en el fondo o en la pared de un depósito más fácil que en el nadador?) (Anexo 3). En esta sesión se resuelven de manera más ágil las demás preguntas. Se destaca que las declaraciones son más extensas que en las sesiones anteriores como puede notarse por las barras más anchas en la Figura 44. Como por ejemplo esta intervención en el minuto 5:47.7 en la que incluye actos de interpretación, escepticismo y confusión:

“E1: profe yo tengo dos puntos de vista, yo entiendo que la fuerza es la misma porque presión es igual a fuerza sobre área y se despeja la fuerza y tenemos la puerta sin importar si el conducto es así o es entero, es la misma, es el mismo área, cierto, pero me parece increíble, estoy de acuerdo con que la fuerza va a ser la misma, o sea entero o amplio repito, pero me parece increíble teniendo por debajo AB igual de amplio, pero que el conducto no sea así de de grueso sino supongamos que sea delgaditico, muy muy delgado, me parece increíble que bajo la columna, por el principio de la columna de agua, debe ser la misma presión, que la presión sea la misma, entonces, pues si me pongo a pensar en ese ejemplo así súper angosto me confundo”.

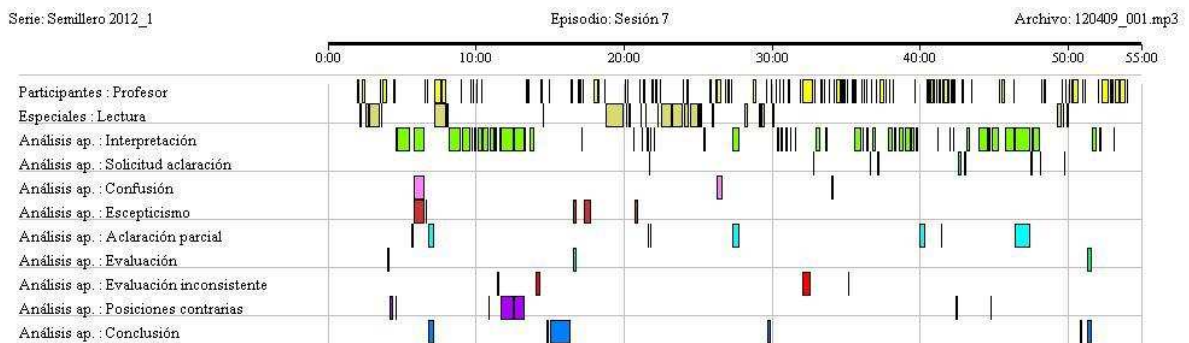


Figura 44. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 7 (2012)

En el caso de la sesión 7 (2012) los actos más predominantes son la interpretación (58), la solicitud de aclaración (13), las posiciones contrarias (8) y la aclaración parcial (8). Se destacan también el escepticismo (7) y la conclusión (6). En general, como se vio en la sesión 4 (2012) estos actos aparecen en cualquier momento de la sesión 7 (2012).

En la Tabla 19 se presentan los marcadores de las tres vías de análisis para las declaraciones de la sesión 7 (2012) de la Tabla 8.

Tabla 19. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 7 (2012) (Tabla 8)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Proceso argumentativo	Análisis crítico del discurso (Pragmática)	Proceso de aprendizaje
Tiempo (h:mm:ss)			
0:04:02.0	D. Soporte (c-c)	R4	Evaluación
0:06:49.3	D. Soporte (c-c)	R4	Aclaración parcial Conclusión
0:14:02.8	D. Soporte inapropiada (c-c)	-	Evaluación inconsistente
0:17:40.6	D. Examinación evidencia (E)	R1, R4	Escepticismo
0:32:03.7	D. Soporte inapropiada (c-c) D. Invitación a participar (S)	R7_f	Evaluación inconsistente
0:34:01.9	D. Explicación (c-c) D Autorreflexión (S)	R2_f	Confusión
0:43:58.4	D. Distinción o conexión (E) D. en leng. de la ciencia (E) D. que usa leyes y model.(E)	R7_f	Interpretación
0:48:18.7	-	R4	-
0:50:50.5	D. en leng. de la ciencia (E) D. Evaluación datos (c-c)	-	Conclusión
0:52:15.2	D. Autorreflexión (S) D. Refuerzo comunicativo (S)	R4	Interpretación

### Sesión 8 (2012)

La sesión 8 se dedicó al análisis de las respuestas escritas de los estudiantes (Anexo 4). Esta característica va a influir aumentando los actos de interpretación y de evaluación. Se producen más actos de interpretación (137), de evaluación (35) y de solicitud de aclaración (29) que en las sesiones anteriores. En la Figura 47 se verifica la ocurrencia de los 10 actos del proceso de aprendizaje que se han propuesto con predominio de los actos de interpretación (137) y evaluación (35), seguidos por solicitud de aclaración (29), posiciones contrarias (11) y aclaración parcial (11). Aparecen también algunos actos de confusión (9), conclusión (5), evaluación inconsistente (4) y escepticismo (2). Solo se reconoce un acto de reclamación de fundamentos.

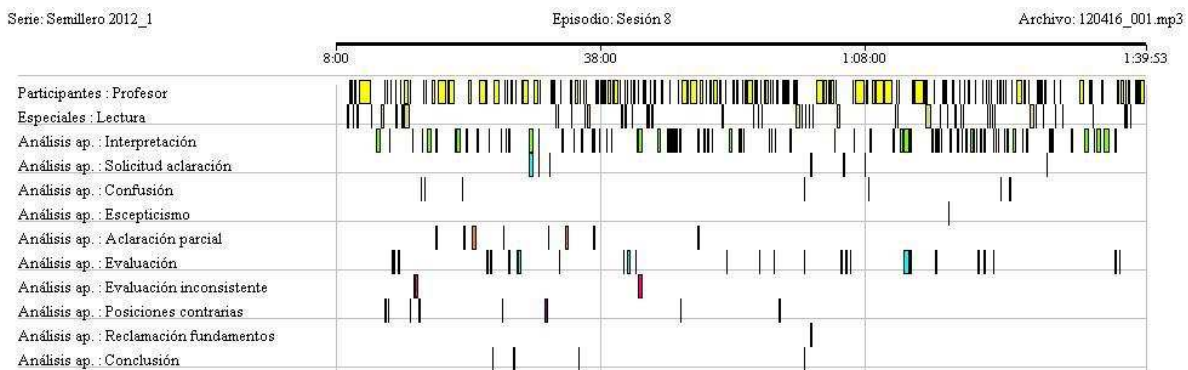


Figura 45. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 8 (2012)

En la Tabla 20 se presentan los marcadores de las tres vías de análisis para las declaraciones de la sesión 8 (2012) de la Tabla 9.

### Sesión 9 (2012)

En la sesión 9 se continúa revisando las respuestas escritas de los estudiantes. De nuevo esta característica va a influir aumentando los actos de interpretación y de evaluación. La Figura 48 permite ver que esta

sesión se destaca porque tiene el mayor número de actos de interpretación (166), evaluación (109) y solicitud de aclaración (32) que las demás sesiones. Se presentan también posiciones contrarias (10), confusión (8), evaluación inconsistente (3) y escepticismo (3). No se identifican la reclamación de fundamentos y la conclusión.

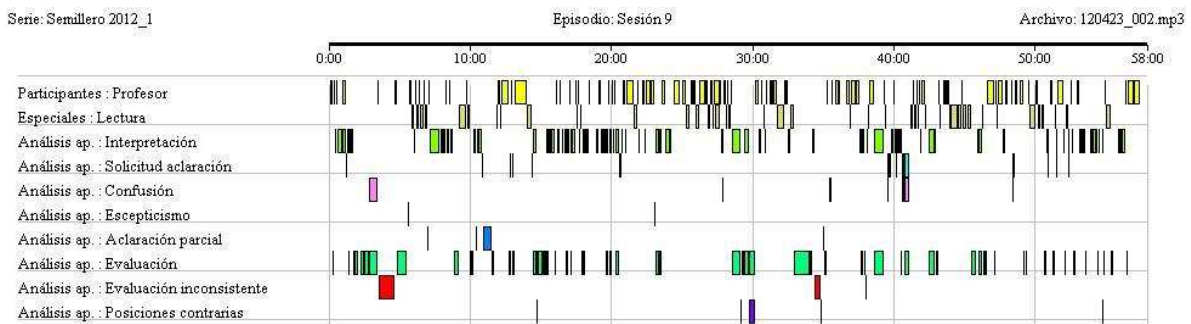


Figura 46. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 9 (2012)

Tabla 20. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 8 (2012) (Tabla 9)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio	Final	Proceso argumentativo	Proceso de aprendizaje
Tiempo (h:mm:ss)	Tiempo (h:mm:ss)		
0:13:37.5	0:13:44.0	D. Explicación (c-c)	Posiciones contrarias
0:13:44.0	0:13:47.7	D. Explicación (c-c)	Posiciones contrarias
0:14:01.8	0:14:06.6	D. Explicación (c-c)	Posiciones contrarias
0:14:22.8	0:14:33.5	D. Explicación (c-c)	Evaluación
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	
0:14:33.5	0:14:41.7	D. en lenguaje de la ciencia (E)	Evaluación
0:18:22.2	0:18:39.3	D. en lenguaje de la ciencia (E)	Interpretación
		D. que usa teorías, l. y m. (E)	
0:18:40.7	0:18:50.9	D. en lenguaje de la ciencia (E)	Interpretación
		D. que usa teorías, l. y m. (E)	
0:19:18.9	0:19:33.3	D. Soporte inapropiada (c-c)	Interpretación
			Aclaración parcial
0:25:08.5	0:25:22.0	D. Explicación (c-c)	Evaluación
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	
0:28:07.9	0:28:20.6	D. Soporte (c-c)	Conclusión
		D. Distinción o conexión (E)	
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	
0:28:40.9	0:29:02.2	D. Soporte (c-c)	Evaluación
		D. Distinción o conexión(E)	
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	
0:34:01.0	0:34:15.5	D. Soporte (c-c)	Aclaración parcial
		D. en lenguaje de la ciencia(E)	
0:34:19.0	0:34:22.1	D. Soporte (c-c)	Aclaración parcial
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	
0:42:20.8	0:42:44.9	D. Soporte inapropiada (c-c)	Evaluación
		D. Autorreflexión (S)	inconsistente
0:42:54.5	0:43:01.0	D. Soporte inapropiada (c-c)	Interpretación
0:49:01.6	0:49:07.3	D. Explicación (c-c)	Interpretación
		D. Autorreflexión (S)	Aclaración parcial
0:50:09.0	0:50:12.8	D. Autorreflexión (S)	Interpretación
1:13:08.2	1:13:15.8	D. Autorreflexión (S)	Interpretación
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	Evaluación
1:13:15.8	1:13:18.3	D. Autorreflexión (S)	Interpretación
		D. en lenguaje de la ciencia (E)	Evaluación

Interpretación

En la Tabla 21 se presentan los marcadores de las tres vías de análisis para las declaraciones de la sesión 9 (2012) de la Tabla 10.

Tabla 21. Marcadores del discurso para las declaraciones de los estudiantes en la sesión 9 (2012) (Tabla 10)

Declaraciones de los estudiantes		Marcadores del discurso	
Inicio Tiempo (h:mm:ss)	Final Tiempo (h:mm:ss)	Proceso argumentativo	Proceso de aprendizaje
0:00:38.2	0:00:56.9	D. de explicación (c-c) D. en lenguaje de la ciencia (E)	Interpretación
0:02:52.3	0:03:29.0	D. de autorreflexión (S)	Evaluación Confusión
0:04:52.3	0:05:30.7	D. de soporte (c-c) D. en lenguaje de la ciencia (E) D. de autorreflexión (S)	Evaluación
0:08:54.4	0:09:11.8	D. de autorreflexión (S)	Evaluación
0:15:13.7	0:15:23.2	D. de explicación (c-c) D. en lenguaje de la ciencia(E) D. de autorreflexión (S) D. de distinción o conexión (E)	Evaluación
0:19:45.6	0:19:49.8	D. retórica (E)	Interpretación Evaluación
0:29:16.0	0:29:25.7	D. de evaluación de datos (E)	Evaluación
0:43:01.3	0:43:12.4	D. de autorreflexión (S)	Evaluación
0:51:13.6	0:51:25.2	D. de autorreflexión (S) D. de evaluación de datos (E)	Evaluación

En la Figura 47, Figura 48, Figura 49 y Figura 50, se recoge toda la información del análisis de los actos del proceso de aprendizaje para las 5 sesiones, 3b (2010), 4 (2012), 7 (2012), 8 (2012) y 9 (2012).



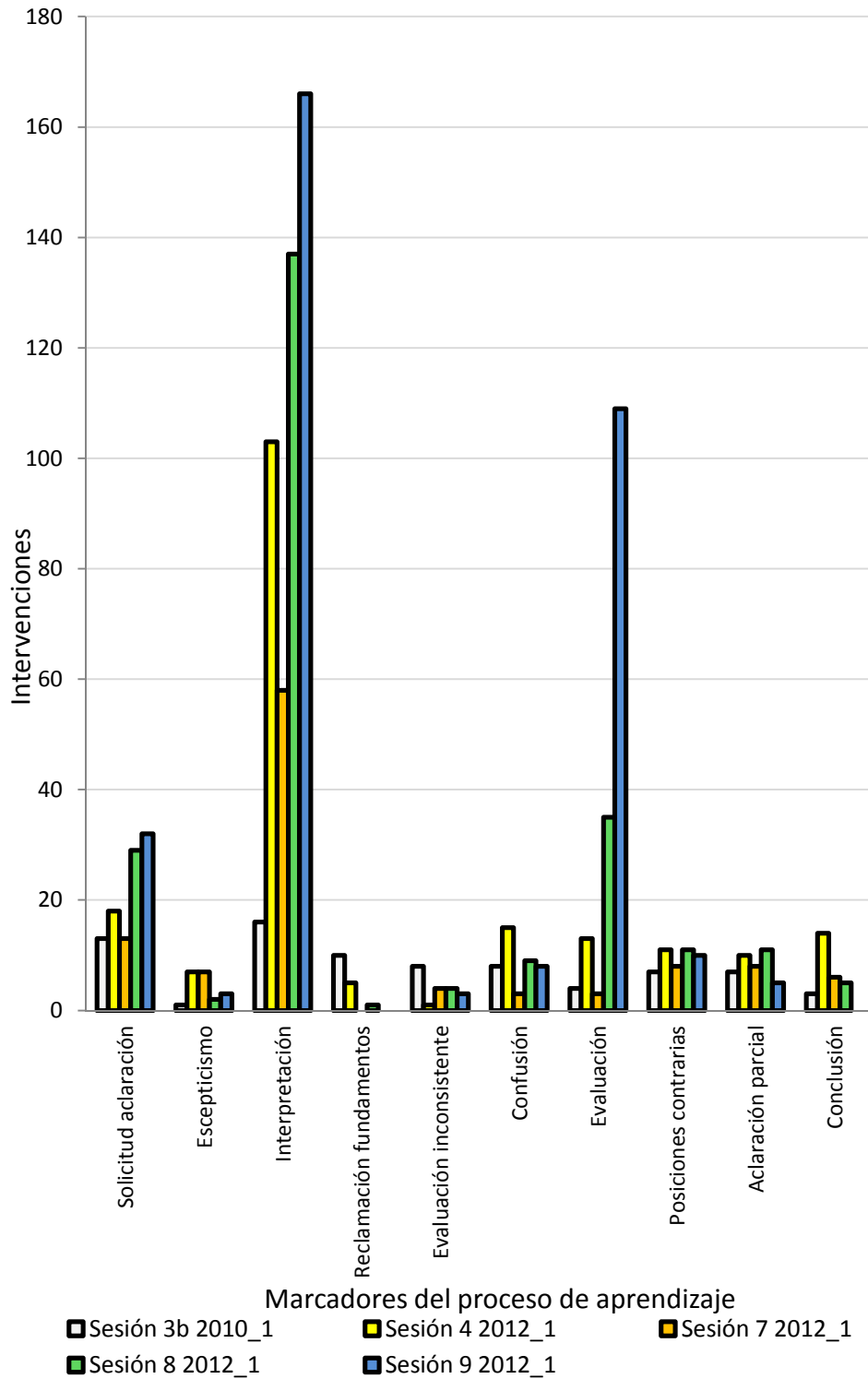


Figura 47. Actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones

**Marcadores del análisis del proceso de aprendizaje en 5 sesiones (identificaciones)**

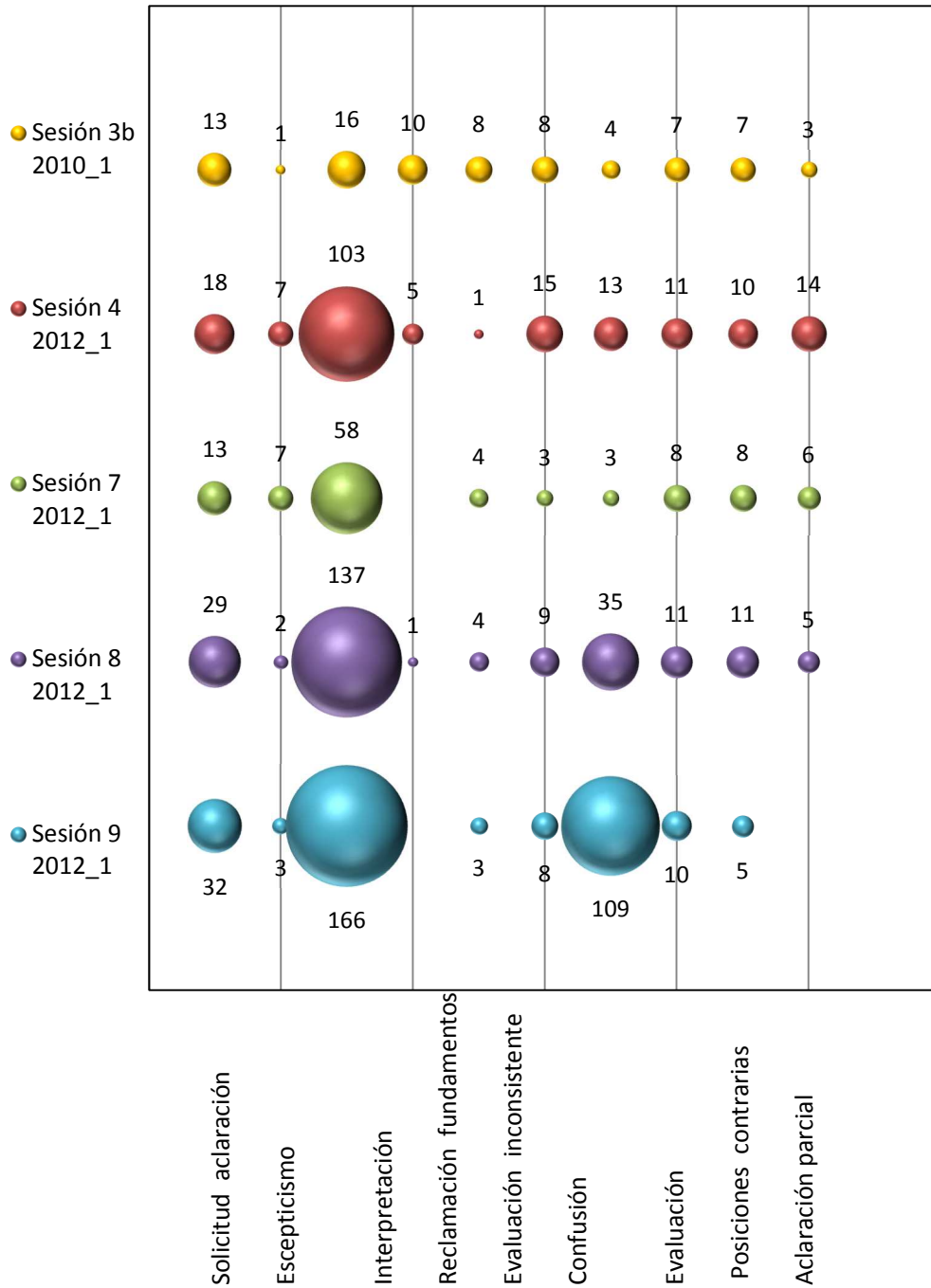


Figura 48. Actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones

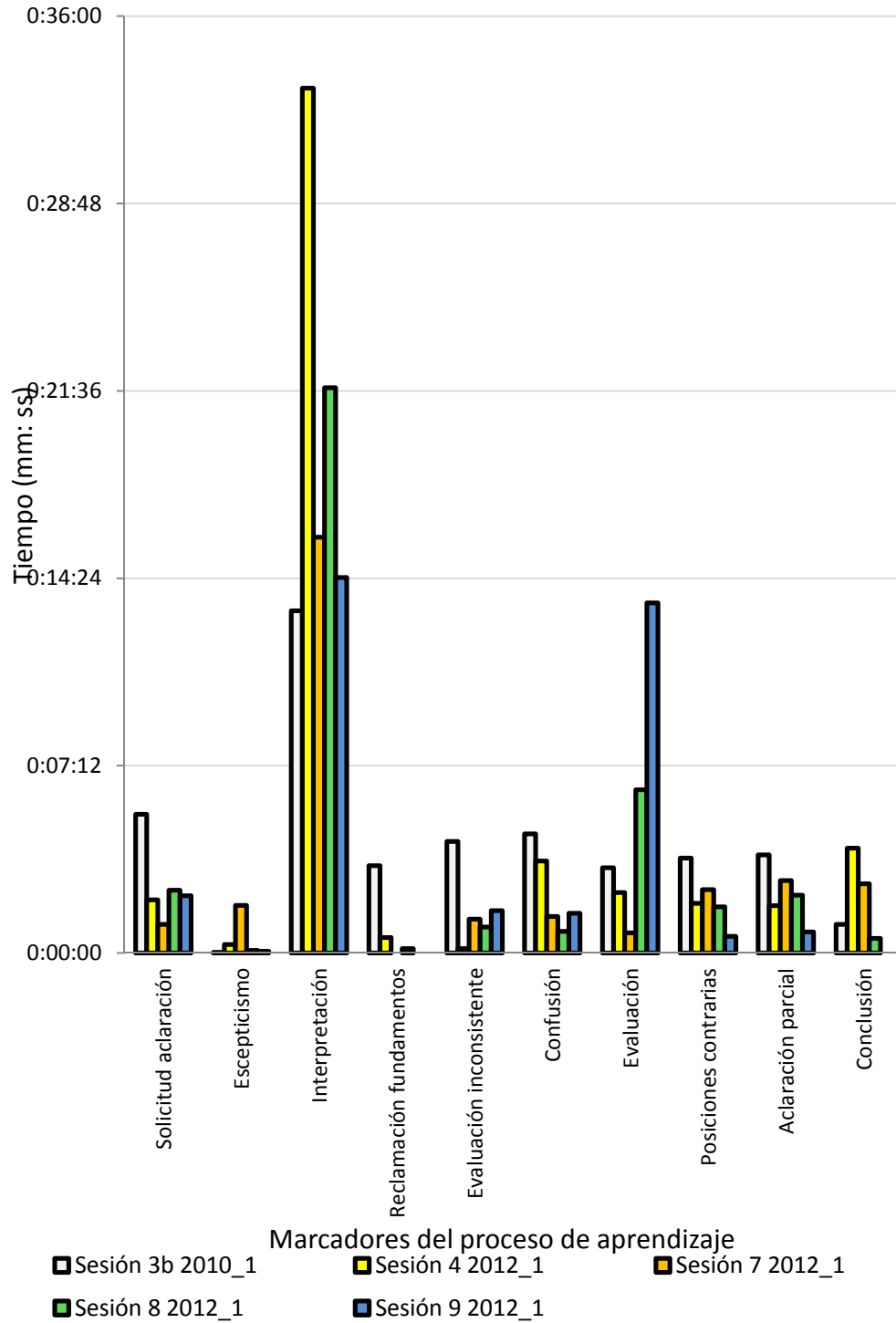


Figura 49. Tiempos de los actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones

**Marcadores del análisis del proceso de aprendizaje en 5 sesiones (tiempos)**

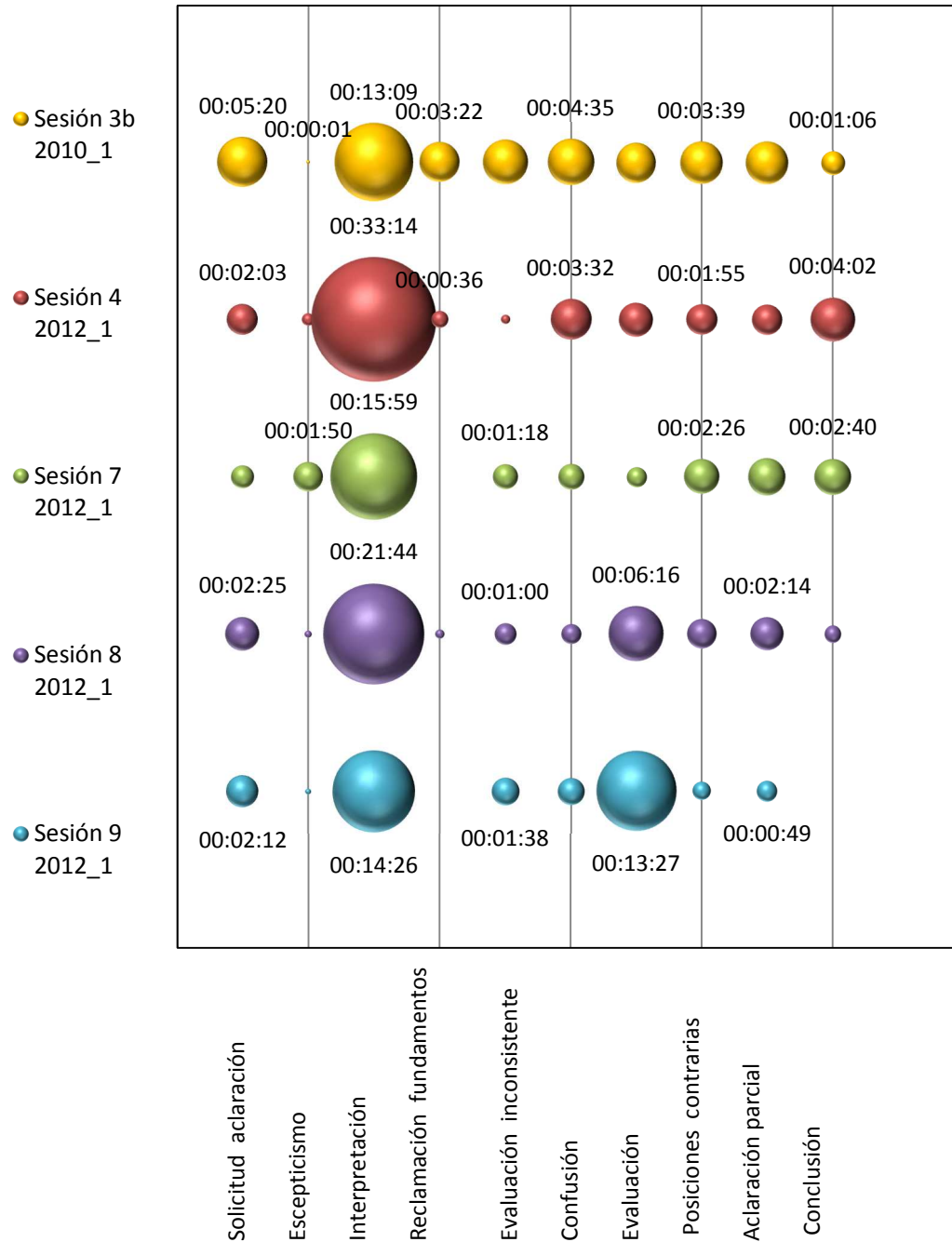


Figura 50. Tiempos de los actos del proceso de aprendizaje en las 5 sesiones

### **6.2.1 Interpretación de resultados del análisis del proceso de aprendizaje**

En lo que se refiere al análisis de resultados del corpus discursivo de las declaraciones de las 5 sesiones de acuerdo con los actos del proceso de aprendizaje, las conclusiones son consistentes con lo que se ha observado en los dos análisis realizados anteriormente para el mismo corpus a partir de los elementos del proceso argumentativo (protocolo ASAC), o de los elementos de la discusión crítica (Pragma-dialéctica), en el sentido de que hay un mayor desarrollo en la actividad en las sesiones de 2012 que en la sesión 3b (2010). En cuanto al acto de solicitud de aclaración, resulta ser mayor la ocurrencia en la sesión 3b (2010) si se tiene en cuenta el tiempo de intervención (Figura 50). Mientras que actos como la interpretación y la evaluación fueron mayores en las sesiones de 2012 que en la sesión 3b (2010). Actos como las posiciones contrarias y la aclaración parcial resultan ser “movidas” básicas en la construcción de conocimiento y el aprendizaje y se convierten en actos mediadores entre el conocimiento individual y el del grupo.

Los diagramas de tiempo permiten reconocer cómo mientras que en la sesión 3b (2010) los primeros actos se concentran en los de tipo interpretación, solicitud de aclaración y reclamación de fundamentos, para las sesiones de 2012 en cambio, todos los actos van apareciendo desde el comienzo. Se nota también que a medida que se llevan a cabo las sesiones aumentan los actos de interpretación y de evaluación (Figura 47, Figura 48, Figura 49 y Figura 50).

### **6.2.2 Interpretación de resultados al comparar el proceso de aprendizaje con el proceso argumentativo y con la discusión crítica**

Con base en la información de la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 y complementando con el buscador del programa Transana en el corpus discursivo completo de las 5 sesiones, se ha construido la Tabla 22 con el fin de reconocer relaciones entre los elementos del proceso argumentativo y los actos de aprendizaje. Se advierte que no se pretende con ello llegar a conclusiones determinantes, que no tiene porqué haberlas. Por ejemplo, en una solicitud de aclaración se podría emplear una declaración de reclamación de inconsistencia (c-c) o una declaración de autorreflexión (S) o una de invitación a participar (S). En un acto de escepticismo también se podría emplear una declaración de reclamación de inconsistencia (c-c), presentar una declaración de soporte inapropiada (c-c) o una declaración de evidencia (E). En un acto de interpretación pudieran presentarse muchos tipos de declaración: de explicación (c-c), de declaración alternativa (c-c), de soporte (c-c), de soporte inapropiada (c-c), de validación (c-c), de uso retórico (E), de uso de teorías, leyes y modelos (E), de distinción o conexión (E), de lenguaje de la ciencia (E), de autorreflexión (S), de respeto y consideración (S), de refuerzo comunicativo (S). En un acto de reclamación de fundamentos puede presentarse una declaración de validación (c-c). En la evaluación, podrían aparecer declaraciones de explicación (c-c), de soporte (c-c), de soporte inapropiada (c-c), una declaración retórica (E), una de evaluación de datos (E), de uso de teorías, leyes y modelos (E), de uso del lenguaje de la ciencia (E), de autorreflexión (S) o de invitación a participar (S). La evaluación inconsistente pudiera contener declaraciones de explicación (c-c) y de soporte inapropiada (c-c). En la confusión podrían presentarse declaraciones de reclamación de incredulidad (c-c), de soporte (c-c), de



soporte inapropiada (c-c) y de autorreflexión (S). En las posiciones contrarias se podrían identificar declaraciones de explicación (c-c), de reclamación de inconsistencia (c-c) y de evidencia (E). En la aclaración parcial podrían aparecer declaraciones de soporte (c-c), de soporte inapropiada (c-c), declaración en el lenguaje de la ciencia (E), declaración de autorreflexión (S), de reconocimiento de ideas (S) y de invitación a participar (S).

Tabla 22. Relación entre los elementos del proceso argumentativo (protocolo ASAC) y los actos del proceso de aprendizaje

Elemento basado en el protocolo ASAC		Acto del proceso de aprendizaje									
		Solicitud de aclaración	Escepticismo	Interpretación	Reclamación fundamentos	Evaluación	Evaluación inconsistente	Confusión	Posiciones contrarias	Aclaración parcial	Conclusión
<b>Aspectos conceptual-cognitivos</b>											
1	Declaración de explicación										
2	Declaración alternativa										
3	Declaración de reclamación de inconsistencia										
4	Declaración de reclamación de incredulidad										
5	Declaración de soporte										
6	Declaración de soporte inapropiada										
7	Declaración de validación										
<b>Aspectos epistémicos</b>											
8	Declaración retórica										
9	Declaración de evidencia										
10	Declaración de examinación de evidencia										
11	Declaración de evaluación de datos										
12	Declaración que usa teorías, leyes o modelos										
13	Declaración de distinción o conexión										
14	Declaración en el lenguaje de la ciencia										
<b>Aspectos sociales</b>											
15	Declaración de autorreflexión										
16	Declaración de respeto y consideración										
17	Declaración de reconocimiento de ideas										
18	Declaración de invitación a participar										
19	Declaración de refuerzo comunicativo										





Finalmente, en la conclusión podrían encontrarse declaraciones de soporte (c-c), de evaluación de datos (E), de distinción o conexión (E), de lenguaje de la ciencia (E) y de refuerzo comunicativo (S). Así para cada acto del proceso de aprendizaje se puede encontrar algún elemento del proceso argumentativo.

Manteniendo la consistencia con la conclusión presentada en el análisis del proceso argumentativo de recomendar según los casos estudiados un refuerzo en los aspectos epistémicos de los estudiantes, desde el punto de vista de los actos del proceso de aprendizaje, este aspecto podría mejorarse específicamente en los actos de interpretación y evaluación, de acuerdo con las relaciones encontradas entre los dos análisis del corpus discursivo (Tabla 22).

La Tabla 23 recoge los elementos pragma-dialécticos y los actos del proceso de aprendizaje con los mismos fines de establecer relación entre ellos. Entre el corpus analizado no se determinaron elementos relacionados con la regla 5 (de la premisa no expresada). De todas formas téngase en cuenta que el análisis pragma-dialéctico no se llevó a cabo para el corpus completo sino para unas ventanas de observación de las sesiones 3b (2010), 4 (2012) y 7 (2012). Aunque se puede afirmar que de todas las reglas la 5 puede ser en la cual cueste mayor dificultad el reconocimiento.

De la Tabla 23 se resume que en la solicitud de aclaración pueden intervenir actos de habla de la regla 7 (del esquema de la argumentación). En el acto de escepticismo se identifican actos de habla de la regla 1 (de libertad) y de la regla 4 (de la relevancia). En la interpretación pueden intervenir actos de habla de las reglas 4 (de la relevancia), 6 (del punto de partida), 7 (del esquema de la argumentación) y 10 (del uso). En la evaluación se pueden presentar actos de la regla 1 (de libertad), 4 (de la

relevancia) y 8 (de la validez). En la evaluación inconsistente aparecen actos, falacias, de la regla 3 (del punto de vista) y 4 (del esquema de la argumentación). Durante las posiciones contrarias se pueden reconocer actos de la regla 1 (de libertad). En la aclaración parcial pueden aparecer actos de habla de la regla 1 (de libertad), 4 (de la relevancia) y 9 (de clausura). Y en la conclusión se pueden reconocer actos de las reglas 4 (de la relevancia), 7 (del esquema de la argumentación), 8 (de la validez) y 9 (de clausura).

Tabla 23. Relación entre las reglas de la Pragma-dialéctica y los actos del proceso de aprendizaje

Regla de la Pragma-dialéctica		Acto del proceso de aprendizaje									
		Solicitud de aclaración	Escepticismo	Interpretación	Reclamación fundamentos	Evaluación	Evaluación inconsistente	Confusión	Posiciones contrarias	Aclaración parcial	Conclusión
Regla 1	de Libertad										
Regla 2	de la carga de la prueba										
Regla 3	del punto de vista										
Regla 4	de la relevancia										
Regla 5	de la premisa no expresada										
Regla 6	del punto de partida										
Regla 7	del esquema de la argumentación										
Regla 8	de la validez										
Regla 9	de clausura										
Regla 10	del uso										

En este caso, nuevamente siendo consecuentes con el análisis de los resultados del proceso argumentativo, nos atreveríamos a recomendar que



con el fin de mejorar los aspectos epistémicos debieran atenderse los actos de interpretación y evaluación mediante el cuidado del uso correcto de las Reglas 3, 4, 7 y 10, evitando las falacias Hombre de paja (Regla 3), *Argumentum ad verecundiam* como falacia ética (Regla 4), *Argumentum ad verecundiam* (Regla 7), *Secundum quid* (Regla 7) y Vaguedad (Regla 10).

## **7 Reflexiones finales, conclusiones y perspectiva de trabajo futuro**

Teniendo presentes los objetivos general y específicos que se propusieron responder en esta tesis, entregaremos unas reflexiones finales, unas conclusiones resultantes de la investigación y unas ideas para una perspectiva de trabajo futuro.

### **7.1 En relación con la interacción en el aula**

Fue afortunada la participación de los estudiantes durante los dos años y medio de la investigación. La expectativa inicial generaba la pregunta acerca de cómo sería desarrollada la interacción en el aula. La disponibilidad de los estudiantes hacia el ejercicio propició un desarrollo que permitió construir desde la experiencia empírica inicial una propuesta que fue evolucionando hasta una definición más concreta. Si bien el objetivo del ejercicio en el aula era construir conocimiento en la interacción con los estudiantes (es decir, por ellos mismos) a partir de un material de base (en este caso el texto histórico), era impredecible con qué se iba a encontrar el docente en el aula cuando lo corriente es el desarrollo de clases magistrales. Pero lo que se encontró fue precisamente estudiantes llenos de inquietudes y con la enorme necesidad de compartirlas para resolverlas. Fue evidente el gusto por ese ejercicio colaborativo así como la seriedad y el compromiso presente en todo el proceso, no solo en las sesiones propias de la investigación, sino también



en las clases regulares a las cuales se llevó el ejercicio. Porque el interés en esta tesis no quiso limitarse a una investigación experimental controlada sino más bien llegar a las aulas regulares hacia donde se pretende que pueda contribuir la experiencia de esta investigación.

La generación del ambiente apropiado para la discusión es fundamental. Ideas como las de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) fueron claves para la consideración de tal ambiente. Dicen estos autores en el *Tratado de la Argumentación. La Nueva Retórica* (p. 39): “Al cambiar de auditorio, la argumentación varía de aspecto, y, si el objetivo que se pretende alcanzar continúa siendo el de influir con eficacia en los oyentes, para juzgar su valor no se puede tener en cuenta la calidad de los oyentes a los que logra convencer... Mostraremos, por otra parte, que en todos los niveles aparecen las mismas técnicas de argumentación, tanto en la discusión en una reunión familiar como en el debate en un medio muy especializado”. Esa postura tenía relación con una inquietud que surgió en un comienzo: si existe una diferencia entre un lenguaje de la ciencia y un lenguaje cotidiano, ¿podría entonces plantearse una diferencia entre la argumentación científica y la argumentación cotidiana? Aunque Perelman y Olbrechts-Tyteca se refieren a las mismas técnicas de argumentación, un amplio número de investigaciones para la evaluación del argumento en ambientes de aula, difieren entre unos y otros. Es por ello que Sampson y Clark (2008b) presentan tantos marcos analíticos específicos como investigaciones les corresponden. El asunto es que no basta con definir la técnica para argumentar. Es necesario definir con qué postura se verá la argumentación de acuerdo con el propósito de la misma. Por eso las propuestas de los marcos analíticos específicos difieren unas de otras aunque no se oponen.

Compartimos también con Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) su razonamiento frente a la argumentación cuando afirman que (p. 40) “estamos firmemente convencidos de que las creencias más sólidas son las que no solo se admiten sin prueba alguna, sino que, muy a menudo, ni siquiera se explican. Y cuando se trata de conseguir la adhesión, nada más seguro que la experiencia externa o interna y el cálculo conforme a las reglas aceptadas de antemano. Pero recurrir a la argumentación es algo que no puede evitarse cuando una de las partes discute estas pruebas, cuando no se está de acuerdo sobre su alcance o su interpretación, sobre su valor o su relación con los problemas controvertidos”. De aquí que desde el inicio se propuso presentar a los estudiantes “eso” que se pudiera discutir, que debía ser interpretado y evaluado. El texto histórico en un género narrativo resulta un material muy apropiado con estos fines. Permite la recreación del contexto y trae a los estudiantes una experiencia real. Los estudiantes se transportan a esa situación desde su propia vivencia. Por eso nos hemos referido a una interacción asincrónica, en el sentido de que los estudiantes se relacionan con un hecho ocurrido en otro momento histórico pero al cual se internan en el ejercicio de comprenderlo y de resolverlo. El acto de interpretación resulta dominante en esta interacción, como se ha visto en los resultados de las sesiones analizadas desde el punto de vista del proceso de aprendizaje (Figura 47, Figura 48, Figura 49 y Figura 50).

La experiencia que presentamos en esta investigación demuestra con los análisis, toda la riqueza que tienen las declaraciones de los estudiantes. Esa externalización del pensamiento resulta en un elemento de descubrimiento para el docente a la vez que en un orientador del proceso de aprendizaje. Es la posibilidad que brinda la interacción. De otra manera continuará el docente preguntándose por el bajo rendimiento de los



estudiantes en las pruebas de evaluación. Y no decimos que no haya pruebas, no decimos que se elimine la clase magistral. Proponemos que se abran espacios para la interacción con el fin de que se motive la construcción colectiva del conocimiento.

Dos años y medio de investigación continua en el aula en 73 sesiones permiten demostrar que el ejercicio argumentativo es posible en general en cualquier circunstancia siempre que se genere el ambiente apropiado. Un ambiente donde la construcción de un discurso no consiste únicamente en el desarrollo de las premisas dadas al principio, sino también en el establecimiento de las premisas, la explicitud y el estabilizar los acuerdos (Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1989).

Inquietudes que han manifestado algunos docentes se refieren al poco avance en el contenido del currículo en propuestas como estas. A ellos les diríamos que es justo pensar en lo que puede significar un avance frente a lo que puede lograrse con un espacio de interacción. No tenemos porqué irnos a los extremos. No se trata de perder la estructura de una lección magistral. Se puede abrir el espacio dentro de esa lección. O bien se puede diseñar una sesión para una interacción mayoritaria y en la última parte dedicar un espacio con una puesta en común y una clausura. La combinación del ejercicio interactivo oral y escrito es también una buena opción. Aunque en esta investigación nos dedicamos exclusivamente al análisis de la interacción oral, algunas intervenciones tuvieron un componente escrito significativo e incluso total.

Tampoco el número de integrantes de un grupo tiene que ser obstáculo para el ejercicio interactivo. Aquí trabajamos con un grupo de 26 estudiantes con buenos resultados. En ese caso conviene diseñar el instrumento sobre el cual se va a desarrollar la discusión con un

contenido narrativo y unas preguntas escritas que serán respondidas también por escrito después de la interacción argumentativa oral. El material se entrega a los estudiantes que se organizan en pequeños grupos y el docente va atendiendo los distintos grupos.

Los análisis de la interacción en las 14 sesiones que fueron transcritas muestran un equilibrio entre la participación del docente y de los estudiantes (Figura 19, Figura 20 y Figura 21). Creemos que este equilibrio es benéfico porque reafirma en los participantes (en el docente y en los estudiantes) que en efecto el conocimiento es una construcción social.

## **7.2 En relación con el proceso argumentativo en el aula**

Para el análisis del proceso argumentativo en el aula se hizo una extensa recopilación tanto de las investigaciones realizadas en la educación en ciencias, como de otras realizadas en áreas diferentes (filosofía, ciencias de la comunicación, psicología). Definir tanto la metodología como los marcos de referencia para el análisis de la argumentación demandó la revisión de propuestas de evaluación generales y específicas. También llevó a establecer con claridad la diferencia entre argumento y argumentación. Si bien en un principio se consideraron los marcos analíticos para el análisis del argumento propuestos por Sampson y Clark (2008b), el interés mayor en el proceso argumentativo, esto es, en la argumentación, llevó a definir que el instrumento más indicado era el protocolo ASAC (*Assesment of Scientific Argumentation in the Classroom*) (Enderle et al., 2010; Sampson et al., 2012). Además, la lista de los ítems del protocolo ASAC había surgido tomando en cuenta investigaciones teóricas y empíricas entre las cuales se incluían las de los marcos específicos para la evaluación del argumento como los propuestos por Kelly y Takao (2002), Zohar y Nemet (2003), Sandoval (2003) y Sandoval y



Millwood (2005). Una revisión de estos marcos específicos permitió verificar la inclusión de sus criterios de análisis entre los ítems de la categoría epistémica del protocolo. Modelos como el de Toulmin (Andrews, 2010), ampliamente utilizados en la educación en ciencias, resultaban difíciles de adaptar en situaciones de interacción oral como era el propósito en esta investigación. Aunque 19 ítems parecían un número alto de elementos para identificar, la descripción que sus autores presentaban sobre el proceso de diseño y validación del instrumento ASAC auguraban una aplicación pertinente en el contexto propio de esta investigación. Incluso el protocolo ASAC había sido validado confrontándolo con el marco propuesto por Erduran, Simon y Osborne (2004) denominado TAP (Toulmin Argument Pattern). Utilizando 12 videos de cursos de estudiantes de secundaria (*High School Student Group*), universidad (*Undergraduate Student Group*) y posgrados universitarios (*Graduate Student Group*), Sampson et al. (2012) aplicaron los dos instrumentos obteniendo puntajes (Figura 51) con una muy buena correlación.

Comparando los puntajes obtenidos en las sesiones de esta investigación aplicando el protocolo ASAC con los presentados por Sampson et al. (Figura 51), los resultados de las sesiones (entre 26 y 38, Tabla 11) estarían en el rango esperado. Sin embargo, lo que se hizo para el análisis del corpus discursivo fue convertir cada ítem del protocolo ASAC en un marcador del discurso. De esta manera las declaraciones de los estudiantes fueron identificadas y sus marcaciones visualizadas en mapas de tiempo para el análisis de la ocurrencia de cada elemento. Para cada sesión se llevó a cabo este proceso comprobando la aplicabilidad de los 19 ítems del protocolo. Los resultados permitieron medir la ocurrencia de los elementos y el nivel de los aspectos conceptual-cognitivo, epistémico y social. La Figura 29, Figura 30, Figura 31 y Figura 32 muestran que las

categorías más desarrolladas son la conceptual-cognitiva y la social, sobre la categoría epistémica. Aunque estos resultados dependen de la clase de ejercicio y del diseño didáctico desarrollado en el aula, son un buen reflejo de las habilidades de los estudiantes observadas a lo largo de la implementación. Aunque en el protocolo ASAC fue más evidente la evolución argumentativa entre la sesión 3b (2010) y las del 2012, y no tanto entre las del 2012, por medio del análisis del discurso sí se encontró una evolución argumentativa a lo largo de todas las sesiones representada especialmente en dos aspectos: 1) la mayor aparición de declaraciones de tipo epistémico y social (sesión 8 (2012)), y 2) un mayor equilibrio en el inicio de la sesión entre los tres aspectos, el conceptual-cognitivo, el epistémico y el social (sesión 9 (2012)).

### **7.3 En relación con la teoría de la discusión crítica en el aula (la Pragma-dialéctica)**

Aunque desde la presentación de la propuesta del proyecto de investigación se había definido que la metodología estaría en el marco cualitativo con el enfoque de la interacción simbólica y que se utilizaría el análisis del discurso en el estudio de casos, fue el estudio de la teoría Pragma-dialéctica lo que permitió definir la dirección para el desarrollo de la metodología. Desde el momento en el que se estudió la Pragma-dialéctica se descubrió la relación entre sus reglas y los ítems del protocolo ASAC y ello fue determinante para llevar a cabo el análisis del proceso argumentativo convirtiendo los ítems del protocolo ASAC en elementos de las marcas del discurso. La selección de la Pragma-dialéctica se hizo después del estudio de otros referentes teóricos (entre ellos Toulmin (2007), Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989), y Walton (2009)) y para ello se

tuvo en cuenta que ofrece a la vez un marco de análisis bien estructurado y amplio.

La Pragma-dialéctica agregó al análisis del proceso argumentativo otros elementos descriptores de la interacción como fueron las etapas de la discusión crítica. La identificación de las falacias resulta también en una visualización que propende por un mejoramiento de los actos de habla propios de una discusión crítica. A pesar de lo anterior, las marcaciones de las declaraciones de los estudiantes solo se hicieron parcialmente para las sesiones seleccionadas. Ello fue debido a que por la naturaleza de esta tesis enmarcada en un doctorado en educación, se prefirió favorecer el marco del proceso argumentativo del protocolo ASAC, más propio de la educación en ciencias. Sin embargo, con los resultados se pudo demostrar la relación que a través del análisis de las declaraciones de los estudiantes puede establecerse entre las reglas de la Pragma-dialéctica y los elementos o ítems del protocolo ASAC (Tabla 15). Esto permite insistir en la atención que debe prestarse a la argumentación cotidiana y su relación con la argumentación científica. No se puede esperar una argumentación científica en el aula sin una argumentación cotidiana en la que no se atiendan las reglas de una discusión crítica. En ese sentido, teorías como la Pragma-dialéctica podrían ofrecerse en el currículo escolar y universitario como base para un desarrollo de la argumentación científica en el aula. Como pudo observarse en la Tabla 12, en la sesión 3b (2010) las falacias (todas de la regla 7 –del esquema de la argumentación–) se producen en declaraciones de explicación (c-c) o de soporte inapropiada (c-c); en la sesión 4 (2012) se producen falacias a las reglas 4 (de la Relevancia) y 7 (Tabla 13) en declaraciones de soporte (c-c), de validación (c-c) y de autorreflexión (S); y en la sesión 7 (2012) se producen falacias a las reglas 2 (de la carga de la prueba) y 7 (Tabla 14) en declaraciones de

explicación (c-c) y de distinción o conexión (E). Es decir, las falacias afectan los tres aspectos del proceso argumentativo.

#### **7.4 En relación con el proceso de aprendizaje en el aula**

Uno de los objetivos más importantes de esta investigación ha sido demostrar que mediante la interacción argumentativa de los estudiantes en el aula se produce conocimiento, es decir hay un desarrollo del aprendizaje. Un reto mayor fue plantear que ese aprendizaje era producido por los mismos estudiantes desde sus ideas previas. Aunque el corpus discursivo escogido para el análisis fue el generado solo por los estudiantes y no por el docente, el papel cumplido por este estuvo circunscrito a la motivación y orientación de la interacción más que al suministro de nueva información.

Las observaciones desde los elementos del proceso argumentativo (protocolo ASAC) y las reglas de la Pragma-dialéctica permitieron caracterizar las declaraciones de los estudiantes pero no estaban directamente orientadas a dar cuenta del aprendizaje. Si bien se podía demostrar una mayor riqueza en las declaraciones a lo largo del proceso de implementación (por ejemplo porque en una declaración se hacían evidentes varios elementos simultáneamente), eso más que aprendizaje mostraba evolución argumentativa. Se puede considerar que mayor conocimiento puede significar mejor argumentación, y que una mejor argumentación demuestra más dominio en los tres aspectos del proceso argumentativo: el conceptual-cognitivo, el epistémico y el social. Sin embargo esto no hace tan evidente el proceso de aprendizaje. Debido a ello se planteó una lista de actos que fue definida a partir de la experiencia en el análisis de las sesiones desde los elementos del proceso argumentativo y

las reglas de la Pragma-dialéctica. El proceso de aprendizaje que se construye en la interacción en el aula no tiene un desarrollo lineal. Así como los actos del proceso argumentativo y los actos de habla de la discusión crítica intervienen y provocan movidas en alguna dirección. Establecer relaciones entre tales actos es lo que puede permitir al docente conducir el proceso. Por eso conocer lo que puede significar una solicitud de aclaración, un escepticismo, una interpretación, una reclamación de fundamentos, una evaluación inconsistente, una confusión, una evaluación, unas posiciones contrarias, una aclaración parcial, han de orientar al docente hacia la conclusión deseada. Y en todos estos actos está el proceso de aprendizaje. A manera de analogía, como en un argumento se parte de una premisa para llegar a una conclusión, en un aprendizaje se parte de una interpretación, una confusión, una solicitud de aclaración, etc. para llegar a una conclusión. Digamos que se parte de un acto (de aprendizaje) para llegar a un conocimiento (una conclusión). En otros términos, las caracterizaciones de las marcaciones discursivas por cada una de las tres vías propuestas (los elementos del proceso argumentativo, las reglas de la Pragma-dialéctica y los actos del proceso de aprendizaje) dan cuenta de una evolución del pensamiento exteriorizado en medio de una interacción y orientado hacia la resolución de un conflicto. Ese es el camino del aprendizaje.

Resulta muy significativo el predominio de los actos de interpretación en todas las sesiones, como también los de solicitud de aclaración, y evaluación. Se reconoce en todos los análisis de las sesiones el paso de los actos de interpretación a cualquiera de los demás actos. Es decir, la interpretación resulta ser la semilla de la construcción del aprendizaje. A lo largo de las sesiones se hizo evidente el aumento en los actos de interpretación, solicitud de aclaración y evaluación. Es decir que en

paralelo con la evolución del proceso argumentativo se produjo a la vez una evolución en el proceso de aprendizaje.

El material preparado para ser presentado en esta investigación, “Las paradojas hidrostáticas”, resultó apropiado para los propósitos del ejercicio de interacción en el aula y para el desarrollo del proceso argumentativo. Esta escogencia tuvo su razón en la familiaridad del investigador con la disciplina de la hidráulica. Sin embargo, cualquier tema científico pudo haber sido el desarrollado en el aula. En general, nos encontramos hoy en día en una situación en la cual la interacción disciplinar es cada vez una mayor exigencia, y qué mejor que comenzar por la interacción comunicativa en el aula.

### **7.5 En relación con el registro y análisis sistemático del corpus discursivo**

No consideramos necesario detallar en el cuerpo del informe el uso del programa Transana como herramienta de sistematización. Sin embargo se justifica hacer una mención en estas conclusiones dada la importancia que representó para el análisis del corpus discursivo.

Transana es un programa desarrollado por el *Center for Education Research* de la *University of Wisconsin-Madison*. Permite la integración del video, el audio y la transcripción. Esta propiedad fue fundamental en la identificación de los participantes cuando el reconocimiento de voz se hacía difícil.

Las posibilidades ofrecidas por el programa Transana para la visualización de los marcadores del discurso, permitieron dar cuenta del proceso desde cada marco de referencia, posibilitando la construcción de los mapas de tiempo para los distintos marcadores. La sistematización del

corpus discursivo en “episodios” y “clips”, facilitaron la identificación de las declaraciones desde las tres vías de análisis propuestas (los elementos del proceso argumentativo, las reglas de la Pragma-dialéctica y los actos del proceso de aprendizaje). Los informes de episodio proporcionados por el programa permitieron totalizar los resultados de los marcadores. De esa manera fue posible presentar un amplio panorama de todo el proceso desarrollado en la investigación.

### **7.6 Perspectiva de trabajo futuro**

Tanto la vasta literatura científica como los numerosos reportes de casos de investigación a partir de los cuales es posible seguir construyendo una relación entre aspectos conceptuales, cognitivos, epistémicos y sociales en contextos interactivos, alientan para que la educación en ciencias siga avanzando en la propuesta de una ciencia construida con un enfoque sociocultural. Las tres vías de análisis que se han propuesto en este trabajo para el análisis del corpus discursivo de las interacciones en el aula pueden ser llevadas a otros temas científicos. Si se tienen en cuenta los 19 ítems o elementos del protocolo ASAC, las 10 reglas de la Pragma-dialéctica y los 10 actos del proceso de aprendizaje (en total 39 elementos), una selección de algunos de ellos con intención de explorar en mayor profundidad sus relaciones, serían también motivos de investigación con fines de avanzar en el conocimiento de las relaciones entre el proceso argumentativo, los actos de habla desde la discusión crítica (Pragma-dialéctica) y los actos del proceso de aprendizaje.

En este trabajo se ha privilegiado la interacción oral en el aula, sin embargo, se ha empleado también el uso de la escritura dentro del proceso de producción de ideas y se alcanzó a realizar un ejercicio de interacción



*Tesis doctoral Facultad de Educación. Juan F. Barros M. (2014)*

escrita con uso de la plataforma virtual Moodle. Trabajos futuros que analicen los rasgos de la interacción en diferentes modalidades, como la presencial en el aula y la virtual, especialmente en ambientes educativos, serán de gran recibo en la comunidad escolar y universitaria que hoy por hoy utiliza cada vez más ambas modalidades de interacción, en ocasiones privilegiando alguna pero en otras equilibrando ambas.



## 8 Referencias bibliográficas

Adam, Jean-Michel (1995). Hacia una definición de la secuencia argumentativa. *Comunicación Lenguaje y Educación*, 25, p9-22.

Aikenhead, Glen S. (2006). *Science Education for Every Day Life. Evidence-Based Practice*. Teachers College Press. New York.

Álvarez, Guadalupe (2008). Análisis del discurso del aula desde el enfoque comunicativo-interactivo de la argumentación. *Forma y Función*, No 21, p13-34.

Amaya Guerra, Jesús; Prado Maillard, Evelyn (2002). *Estrategias de aprendizaje para universitarios: un enfoque constructivista*. Ed. Trillas. México.

Andrews, Richard (2009). *The Importance of Argument in Education*. Institute of Education. University of London.

Andrews, Richard (2010). *Argumentation in Higher Education: Improving practice through theory and research*. Institute of Education. Routledge. New York, London.

Andriessen, Jerry (2006). *Arguing to learn*. En: *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Edited by R. Keith Sawyer. Cambridge University Press.

Arenas Vidal, Alicia (1994). *Chaïm Perelman*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Bargalló, Conxita Márquez; Prat, Àngels (2010). Favorecer la argumentación a partir de la lectura de textos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n63, p39-49.

Bermejo Luque. Lilian (2006). Bases Filosóficas para una teoría normativa integral de la argumentación. Hacia un enfoque unificado de sus dimensiones lógica, dialéctica y retórica. Tesis doctoral. Departamento de Filosofía. Facultad de Filosofía de la Universidad de Murcia.

Biggs, John (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Ed. Narcea. Madrid, España.

Bricker, Leah A. and Bell, Philip (2012). *Argumentation and Reasoning in Life and in School: Implications for the Design of School Science Learning Environments*. En: *Perspectives on Scientific Argumentation. Theory, Practice and Research* (Editor: Myint Swe Khine). Springer. p117.

Bricker, Leah A.; Bell, Philip (2008). Conceptualizations of Argumentation from Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education. *Science Education* v92, n3, p473-498.

Brown, Bryan A.; Reveles, John M.; Kelly, Gregory J. (2005). *Scientific Literacy and Discursive Identity: A Theoretical Framework for Understanding Science Learning*. *Science Education*, v89, n5, p779-802.

Caamaño, Aureli (2010). Argumentar en ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n63, p5-10.

Campaner, Gertrudis y De Longhi, Ana Lia (2004). Enseñar a argumentar. Un aporte a la didáctica de las ciencias. Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología.



Campos, Milton N.; Laferrière, Thérèse; Lapointe, Judith M. (2005). Analysing Arguments in Networked Conversations: The Context of Student Teachers. *The Canadian Journal of Higher Education*, Volume XXXV, n4, p55–84.

Cardona Moltó, María Cristina (2002). *Introducción a los métodos de investigación en educación*. 223 p. Editorial EOS. Madrid.

Cardona Rivas, Dora (2008). *Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética*. Tesis presentada como requisito para optar al título de Doctora en Ciencias Sociales. Niñez y Juventud. Universidad de Manizales.

Carrillo Guerrero, Lázaro (2004). *Tipos de registros en la argumentación*. Universidad de Granada.

Carrillo Guerrero, Lázaro (2007). *Argumentación y Argumento*. *Revista Signa* 16.

Castorina, José Antonio; Ferreiro, Emilia; Kohl De Oliveira, Marta; Lerner, Delia (1996). *Piaget-Vigotsky: contribuciones para replantear el debate*. Paidós. Buenos Aires.

Chamizo Guerrero, Juan Antonio (2007). *Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias*. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, v25, n1, p133-146.

Chevallard, Yves (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique Buenos Aires. Argentina.

Clark, Douglas B.; Sampson, Victor (2008). *Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality*. *Journal of Research in Science Teaching*, v45, n 3, p293-321.

Criswell, Brett A. (2009). Inquiry in conversation: exploring the multiple solution pathway (MSP) lesson structure as a means to progressive discourse in the science classroom. A Dissertation in Curriculum and Instruction submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. The Pennsylvania State University.

Duschl, Richard (2008a). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. En: Review of Research in Education. February 2008 vol. 32 no. 1, pp. 268-291.

Duschl, Richard A. (2008b). Quality Argumentation and Epistemic Criteria. En: Erduran, Sibel; Jiménez-Aleixandre, María Pilar (Editors). Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-based Research. Science & Technology Education Library. Volume 35. Springer.

Duschl, Richard A. (1997). Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo. Ed. Narcea. España.

Enderle, Patrick; Walker, Joi Phelps; Dorgan, Catherine; Sampson, Victor (2010). Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom: An Observation Protocol. Annual International Conference for the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA.

Erduran, Sibel; Jiménez-Aleixandre, María Pilar (Editors) (2008). Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-based Research. Science & Technology Education Library. Volume 35. Springer.

Erduran, Sibel; Simon, Shirley; Osborne, Jonathan (2004). TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. Science Education, v88, n6, p915-933.

Erduran, Sibel; Yan, Xiaomei (2010). Salvar las brechas en la argumentación: el desarrollo profesional en la enseñanza de la indagación



científica. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, n63, p76-87.

Federico Agraso, Marta y Jiménez Aleixandre, María Pilar (2005). Apropiación del discurso científico: niveles epistémicos en la justificación de enunciados sobre la evolución de la marea negra. Revista Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.

Galeano M., María Eumelia (2009). Diseño de proyectos en la investigación cualitativa. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.

García de Cajén, Silvia; Domínguez Castiñeiras, José Manuel; Garcíarodeja Fernández, Eugenio (2002). Razonamiento y argumentación en ciencias. Diferentes puntos de vista en el currículo oficial. Enseñanza de las Ciencias, 20 (2), p217-228.

García, Leticia; Valeiras, Nora (2010). Lectura y escritura en el aula de ciencias: una propuesta para reflexionar sobre la argumentación. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, n63, p57-64.

García, S. y Domínguez, J. (2009). Perfil argumentativo del profesorado cuando resuelve un problema real sobre la transformación de energía eléctrica. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p3042-3046.

Gee James, Paul (2007). An introduction to discourse analysis. Theory and method. Second edition. Routledge. New York and London.

Gómez, Adolfo León (2001). Tres aproximaciones a la teoría de la argumentación de Perelman-Olbrecht. Lenguaje, No. 28.

González Daza, Nadia Lizabeta (2008). La representación cartesiana del movimiento rectilíneo: un estudio de las argumentaciones de los estudiantes del básico de ingeniería. Tesis doctoral para optar al título de doctor de la Universitat de Barcelona.

Greeno, James G. (2006). Learning in Activity. En: The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. Edited by R. Keith Sawyer. Cambridge University Press.

Hammer, David; Elby, Andrew (2003). Tapping Epistemological Resources for Learning Physics. The Journal of the Learning Sciences, v12, n1, p53-90.

Henao Sierra, Berta Lucila (2010). Hacia la construcción de una ecología representacional: aproximación al aprendizaje como argumentación, desde la perspectiva de Stephen Toulmin. Programa Internacional de Doctorado. Enseñanza de las Ciencias. Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos y Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Henao, Berta Lucila; Stipcich, Maria Silvia (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 7, n1.

Hitchcock, David; Verheij, Bart (Editors) (2010). Arguing on the Toulmin model. New essays in argument analysis and evaluation. Springer. USA.

ICFES-ACOFI (2005). Marco de fundamentación conceptual especificaciones de prueba ECAES Ingeniería Civil. Versión 6.0.

Jiménez Aleixandre, M. P.; Agraso, M. F.; Eirexas, F. (2004). Scientific Authority and Empirical Data in Argument Warrants about the Prestige Oil



Spill. 2004 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, USA.

Jiménez Aleixandre, M. Pilar; Puig, Blanca (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n63, p11-18.

Jiménez Aleixandre, María Pilar (2010). 10 Ideas Clave. Competencias en Argumentación y Uso de Pruebas. Editorial GRAO. Barcelona.

Jiménez Aleixandre, María Pilar y Díaz de Bustamante, Joaquín (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), p359-370.

Jiménez-Aleixandre, María Pilar (2008). Designing Argumentation Learning Environments. En: Erduran, Sibel & Jiménez-Aleixandre, María Pilar (Editors) (2008). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-based Research. Science & Technology Education Library. Volume 35. Springer. p91-116.*

Jiménez-Aleixandre, María Pilar y Erduran, Sibel (2008). Argumentation in Science Education: an overview. En: Erduran, Sibel & Jiménez-Aleixandre, María Pilar (Editors) (2008). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-based Research. Science & Technology Education Library. Volume 35. Springer. p3-27.*

Kelly, G. J. (2008). Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. In R. Duschl & R. Grandy (Eds.) *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation* (p99-117; 288-291). Rotterdam: Sense Publishers.

Kelly, G. J., & Bazerman, C. (2003). How students argue scientific claims: A rhetorical-semantic analysis. *Applied Linguistics*, 24(1), p28-55.

Kelly, G.J. & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), p314-342.

Kelly, Gregory J.; Crawford, Teresa (1997). An Ethnographic Investigation of the Discourse Processes of School Science. *Science Education* v81, n5, p533-559.

Kelly, Gregory J.; Regev, Jaqueline; Prothero, William (2005). Assessing lines of evidence with argumentation analysis. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas TX.

Konstantinidou, A. y Cervero, J. (2009). Estudiar concepciones-ideas d'estudiantes en ciències utilitzant teories d'argumentació. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p 3289-3295.

Konstantinidou, Katerina; Cerveró, Josep M.; Castells, Marina (2010). Argumentación y concepciones científicas de los estudiantes. Una interpretación y orientación didáctica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n63, p26-38.

Kuhn Berland, Leema; Reiser, Brian J. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education*, v93, n1, p26-55.

Ladrière, Jean (1977). El reto de la racionalidad. La ciencia y la tecnología frente a las culturas. Unesco. Ediciones Sígueme. España.

Larson, Aaron A.; Britt, M. Anne; Kurby, Christopher A. (2009). Improving Students' Evaluation of Informal Arguments. *The Journal of Experimental Education*, 77(4), p339-365.





Latour, Bruno; Woolgar, Steve (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Alianza Editorial. Madrid.

Lawson, A. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), p1387-1408.

Lawson, Anton E. (2010). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. *Science Education*, v94, n2, p336-364.

Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós. Barcelona.

León Corredor, Olga Lucía y Calderón, Dora Inés (2003). *Argumentar y validar en matemáticas: ¿una relación necesaria?* Convenio Colciencias-BID-Universidad del Valle.

Levi, Enzo (1989). *El agua según la ciencia*. Ediciones Castell. México.

Macagno, Fabricio; Walton, Douglas (2008). The Argumentative Structure of Persuasive Definitions. *Ethic Theory Moral Prac* 11, p525-549. Springer.

Márquez, C. (2009). Simposio: promover la competencia científica a través de la argumentación y el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, p1277-1278.

Martínez Migueles, Miguel (2006). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. Editorial Trillas. México.

Mcneill, Katherine L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, v93, n2, p233-268.

Mcneill, Katherine L.; Krajcik, Joseph (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v45, n1, p 53-78.

Mcneill, Katherine L.; Pimentel, Diane Silva (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

Milwood, Kelli A. (2006). Students' Beliefs and Practice of Providing Warrants for Claims During Inquiry. University of California, Los Angeles.

Nussbaum, E. Michael; Winsor, Denise L.; Aqui, Yvette M.; Poliquin, Anne M. (2007). Putting the pieces together: Online argumentation and diagrams enhance thinking during discussions. *Computer-Supported Collaborative Learning 2*, p479-500. Springer.

Orofino, R. y Frateschi, S. (2009). Ouso da argumentação na montagem de um modelo. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, p1365-1369.

Osborne, Jonathan (2005). The role of argument in science education. *Research and the Quality of Science Education*, pp. 367-380 K. Boersma et al. (eds.), Springer. Netherlands.

Padilla, Constanza (s.f.). ¿Enseñar a argumentar en la universidad?: ¿por qué y para qué? Disponible en Internet: [http://www.filo.unt.edu.ar/jorn\\_unesco/cd/PL%203%20PADILLA.pdf](http://www.filo.unt.edu.ar/jorn_unesco/cd/PL%203%20PADILLA.pdf).

Perelman, Chaïm (1997). *El Imperio Retórico. Retórica y Argumentación*. Grupo Editorial Norma.



Perelman, Chaïm y Olbrechts-Tyteca, Lucy (1989). Tratado de la argumentación. La nueva retórica. Ed. Gredos, Madrid.

Plantin, Christian (1998). La argumentación. Editorial Ariel. Barcelona.

Polonio, D.; Konstantinidou, A.; Castells, M. y Cerveró, J. (2009). Esquemes argumentatius i coneixement científic. un estudi sobre la comprensió de la flotabilitat a diferents nivells educatius. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p3389-3393.

Pozo, Juan Ignacio; Scheuer, Nora; Pérez Echeverría, María del Puy; Mateos, Mar; Martín, Elena; de la Cruz, Monserrat (2006). Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Editorial GRAÓ. Barcelona.

RAE (2013). Diccionario de la Real Academia Española. Disponible en internet: [www.rae.es](http://www.rae.es).

Reeder, Harry P. (2007). Argumentando con cuidado. Dialéctica para una sociedad democrática. San Pablo. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Reveles, John M.; Cordova, Ralph; Kelly, Gregory J. (2004). Science Literacy and Academic Identity Formulation. Journal of Research in Science Teaching, v41, n10, p1111-1144.

Rizo García, Marta (2011.). El interaccionismo simbólico y la Escuela de Palo Alto. Hacia un nuevo concepto de comunicación. Portal de la Comunicación InCom-UAB: El portal de los estudios de comunicación, 2001-2013. Disponible en internet: [http://portalcomunicacion.com/uploads/pdf/17\\_esp.pdf](http://portalcomunicacion.com/uploads/pdf/17_esp.pdf).

Rodríguez Bello, Luisa Isabel (2004). El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa. *Revista Digital Universitaria*. Vol. 5, n1.

Russ, Rosemary S.; Scherr, Rachel E.; Hammer, David; Mikeska, Jamie (2008). Recognizing Mechanistic Reasoning in Student Scientific Inquiry: A Framework for Discourse Analysis Developed From Philosophy of Science. *Science Education*, v92, n3, p499-525.

Russell, B; Salmon, Wesley C.; Black, Max y otros (1976). *La justificación del razonamiento inductivo*. Alianza Editorial. Madrid.

Sadler, Troy D. (2006). Promoting Discourse and Argumentation in Science Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 17:323–346. Springer.

Sampson, Victor; Clark Douglas (2008a). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. *Science Education*, v93, n3, p448 – 484.

Sampson, Victor; Clark, Douglas B. (2008a). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. *Science Education*, v92 n3, p447-472.

Sampson, Victor; Enderle, Patrick J.; Walker, Joi Phelps (2012). The development and validation of the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom (ASAC) Observation Protocol: A tool for evaluating how students participate in scientific argumentation. En: *Perspectives on Scientific Argumentation. Theory, Practice and Research* (Editor: Myint Swe Khine). Springer. p. 235.



Sandoval, William A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), p5-51.

Sandoval, William A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, v89, n4, p634-656.

Sanmartí, N.; Pipitone, C. y Sardà, A. (2009). Argumentación en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p1709-1714.

Sanz Álava, M<sup>a</sup> Inmaculada (2005). El español profesional y académico en el ámbito de la ingeniería civil: el discurso oral y escrito. Tesis doctoral. Universitat de Valencia.

Sardà Jorge, Anna y Sanmartí Puig, Neus (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), p105-422.

Sawyer, R. Keith (2006). Analyzing Collaborative Discourse. En: *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Edited by R. Keith Sawyer. Cambridge University Press.

Schommer-Aikins, Marlene; Easter, Marilyn (2009). Ways of Knowing and Willingness to Argue. *The Journal of Psychology*, 143(2), p117-132.

Schwarz, B.; Neuman, Y.; Gil, J. & Ilya, M. (2003). Construction of collective and individual knowledge in argumentative activity. *Journal of the Learning Sciences*, 12(2), p219-256.

Schweizer, Diane M. (2002). Heating up the Science Classroom through Global Warming: an Investigation of Argument in Earth System Science

Education. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Geography. University of California, Santa Barbara.

Simon, S.; Erduran, S.; Osborne, J. (2004). Developing the Teaching of Argument in School Science. 2004 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, USA.

Solbes, Jordi; Ruiz, Juan José; Furió, Carles (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n63, p65-75.

Steiner, Rudolf (1982). El advenimiento de las ciencias naturales en la historia universal y su proceso posterior. Editorial antropológica. México.

Tang, Xiaowei; Coffey, Janet E.; Elby, Andy; Levin, Daniel M. (2009). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*. v94, Issue 1, p29-47.

Taylor, Steve J.; Bogdan, Robert (1996). Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados. Ed. Paidós. Barcelona.

Toulmin, Stephen E. (1964). El puesto de la razón en la ética. *Revista de Occidente*. Madrid.

Toulmin, Stephen E. (1964). La filosofía de la ciencia. Compañía General Fabril Editora. Argentina.

Toulmin, Stephen E. (2003). Regreso a la razón. Ediciones Península. Barcelona.

Toulmin, Stephen E. (2007). Los usos de la argumentación. Ediciones Península. Barcelona.



Trujillo Amaya, Julián Fernando (2002). Reseña. Plantin, Christian. La Argumentación. Praxis Filosófica. No. 15.

Trujillo Amaya, Julián Fernando (2007). Reseña. Stephen Toulmin. Los usos de la argumentación. Praxis Filosófica. No. 25.

Valles, Miguel S. (1999). Técnicas Cualitativas de Investigación Social Reflexión metodológica y práctica profesional. Editorial Síntesis. Madrid.

Van Dijk, Teun A. (1992). La ciencia del texto. Ediciones Paidós. Buenos Aires.

Van Eemeren, Frans H.; Grootendorst, Rob (2006). Argumentación, comunicación y falacias. Una perspectiva pragma-dialéctica. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Van Eemeren, Frans H.; Grootendorst, Rob; Jackson, Sally; Jacobs, Scott (2000). Argumentación. En: Teun A. van Dijk (2000). El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción interdisciplinaria. Editorial Gedisa. Barcelona.

Vignaux, Georges (1986). La Argumentación. Ensayo de lógica discursiva. Ed. Hachette. Buenos Aires.

Villaveces Cardoso, José Luis (2009). Competencia: Cultura científica, tecnológica y manejo de la información. Disponible en Internet: [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-189357\\_archivo\\_pdf\\_cientifica.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-189357_archivo_pdf_cientifica.pdf).

Von Aufschnaiter, C. (2003). Interactive processes between university students: Structures of interactions and related cognitive development. Research in Science Education, 33, p341-374.

Von Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J., Rogge, C. & Riemeier, T. (2008a). Argumentation and scientific reasoning - an exploration of their

interrelationship. Paper presented at the conference of NARST, Baltimore, USA.

Von Aufschnaiter, C.; Duit, R. (2004). Teachers' instructions and students' constructions in physics education: Using video to investigate how they match. Paper presented at the conference of NARST, Vancouver, Canada.

Von Aufschnaiter, Claudia; Erduran, Sibel; Osborne, Jonathan (2004). Argumentation and Cognitive Processes in Science Education. 2004 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, USA.

Von Aufschnaiter, Claudia; Erduran, Sibel; Osborne, Jonathan; Simon, Shirley (2008b). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v45, n1, p101-131.

Vygotski, Lev (1995). *Pensamiento y Lenguaje*. Nueva edición a cargo de Alex Kozulin. Ediciones Paidós. Barcelona.

Vygotski, Lev Semiónovich (1996). *Paidología del adolescente en: Obras escogidas IV Psicología Infantil*. Visor. Madrid.

Walton, Douglas (2009). *Informal Logic. A pragmatic approach*. Cambridge. New York.

Walton, Douglas; Reed, Christopher; Macagno, Fabricio (2010). *Argumentation schemes*. Cambridge. New York.

Weston, Anthony (2003). *Las claves de la argumentación*. Editorial Ariel. Barcelona.

Wilson, Christopher D.; Taylor, Joseph A.; Kowalski, Susan M.; Carlson, Janet (2010). *The Relative Effects and Equity of Inquiry-Based and*





Commonplace Science Teaching on Students' Knowledge, Reasoning, and Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, v47, n3, p276-301.

Windschitl, Mark; Thompson, Jessica; Braaten, Melissa (2008). Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, v92, n5, p945-967.

Zamudio de Molina, Bertha (s.f.). Habilidades retóricas y pensamiento crítico en la argumentación. Proyecto de investigación Universidad de Buenos Aires (Argentina).

Zamudio, Bertha; Bitonte, María Elena (2008). La concepción de la retórica en dos teorías que sostienen conceptualizaciones opuestas del sujeto de la argumentación. *Memorias del III Congreso Internacional "Transformaciones culturales: debates de la teoría, la crítica y la lingüística"*. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (Argentina), 4, 5 y 6 de agosto de 2008.

Zamudio, Bertha; Rolando, Leticia; Ascione, Alberto (2006). ¿Qué se enseña cuando se enseña argumentación? *Revista Lenguaje Sujeto Discurso*. Argentina.

Zemal-Saul, Carla (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*. v93, Issue 4, p687-719.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), p35-62.

Zubiría Samper, Julián de (2006). Las competencias argumentativas: la visión desde la educación. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá.

## **9 Anexos**

Anexo 1. Assessment of scientific argumentation in the classroom  
observation protocol

Tabla 24. Bases teóricas y empíricas de los ítems incluidos en el protocolo ASAC (Sampson et al., 2012)

Items	Empirical or theoretical foundation
<b>Conceptual and cognitive aspects</b>	
1 The work and talk of the group focused on the generation or validation of knowledge. <sup>b</sup>	Abell et al. (2000), Berland and Reiser (2009), Sandoval and Reiser (2004)
2 The participants sought out and discussed alternative claims or explanations.	Driver et al. (2000), Duschl and Osborne (2002), Sampson and Clark (2011)
3 The participants modified their claim or explanation when they noticed an inconsistency or discovered anomalous information.	Berland and Reiser (2009), Duschl and Osborne (2002), Vellom and Anderson (1999)
4 The participants were skeptical of ideas and information.	Driver et al. (2000), Osborne et al. (2004)
5 The participants provided reasons when supporting or challenging an idea.	Erduran and Jimenez-Aleixandre (2007)
6 The participants based their decisions or ideas on inappropriate reasoning strategies. <sup>c</sup>	Duschl (2008), Vellom and Anderson (1999), Zeidler (1997)
7 The participants attempted to evaluate the merits of each alternative explanation or claim in a systematic manner.	Duschl (2008), Osborne et al. (2004)
<b>Epistemological aspects</b>	
8 The participants relied on the “tools of rhetoric” to support or challenge ideas. <sup>c,d</sup>	Kuhn (1993), Zeidler (1997)
9 The participants used evidence to support and challenge ideas or to make sense of the phenomenon under investigation.	Berland & Reiser (2009), Duschl (2008), Erduran and Jimenez-Aleixandre (2007)
10 The participants examined the relevance, coherence, and sufficiency of the evidence.	Driver et al. (2000), Duschl (2007)
11 The participants evaluated how the available data was interpreted or the method used to gather the data.	Duschl (2007), Duschl and Osborne (2002)
12 The participants used scientific theories, laws, or models to support and challenge ideas or to help make sense of the phenomenon under investigation.	Driver et al. (2000), Duschl (2008), Sandoval (2003)
13 The participants made distinctions and connections between inferences and observations explicit to others.	Driver et al. (2000), Erduran and Jimenez-Aleixandre (2007), Sandoval (2003)
14 The participants used the language of science to communicate ideas.	Carlsen (2007), Erduran and Jimenez-Aleixandre (2007)
<b>Social aspects</b>	
15 The participants were reflective about what they know and how they know. <sup>e</sup>	Alexopoulou and Driver (1996), Erduran and

Items	Empirical or theoretical foundation
16 The participants respected what each other had to say.	Jimenez-Aleixandre (2007) Boulter and Gilbert (1995), Richmond and Striley (1996)
17 The participants discussed an idea when it was introduced into the conversation.	Berland and Reiser (2009), Sampson & Clark (2011)
18 The participants encouraged or invited others to share or critique ideas.	Boulter and Gilbert (1995), Sampson and Clark (2011)
19 The participants restated or summarized comments and asked each other to clarify or elaborate on their comments.	Alexopoulou and Driver (1996), Boulter and Gilbert (1995), Richmond and Striley (1996)
<sup>a</sup> The items were scored using the following scale: 1—strongly disagree, 2—disagree, 3—neutral, 4—agree, 5—strongly Agree.	
<sup>b</sup> Item was reworded to read, “The conversation focused on the generation or validation of claims or explanations” based on reviewer feedback.	
<sup>c</sup> Item represents an undesirable element of scientific argumentation and is therefore scored in reverse.	
<sup>d</sup> Item was moved from the conceptual and cognitive aspects section of the protocol to the epistemological aspects section based on expert feedback.	
<sup>e</sup> Item was moved from the conceptual and cognitive aspects section of the protocol to the social aspects section based on expert feedback.	

Tabla 25. Calificaciones de los expertos en cuanto al contenido y a la validez del ítem (media –M- y Desviación Estándar –SD-) (Sampson et al., 2012)

Items	Important element <sup>a</sup>		Inclusion in the category <sup>a</sup>	
	M	SD	M	SD
<b>Conceptual and cognitive aspects</b>				
1 The work and talk of the group focused on the generation or validation of knowledge. <sup>b</sup>	5.00	0.00	4.50	0.84
2 The participants sought out and discussed alternative claims or explanations.	4.83	0.41	5.00	0.00
3 The participants modified their claim or explanation when they noticed an inconsistency or discovered anomalous information.	5.00	0.00	4.80	0.45
4 The participants were skeptical of ideas and information.	4.71	0.49	4.57	0.79
5 The participants provided reasons when supporting or challenging an idea.	5.00	0.00	4.71	0.76
6 The participants based their decisions or ideas on inappropriate reasoning strategies. <sup>c</sup>	4.57	0.79	4.33	0.98
7 The participants attempted to evaluate the merits of each alternative explanation or claim in a systematic manner.	4.86	0.38	4.43	0.79
<b>Epistemological aspects</b>				
8 The participants relied on the “tools of rhetoric” to support or challenge ideas. <sup>c,d</sup>	4.14	0.90	3.29	1.50
9 The participants used evidence to support and challenge ideas or to make sense of the phenomenon under investigation.	5.00	0.00	4.43	0.79
10 The participants examined the relevance, coherence, and sufficiency of the evidence.	5.00	0.00	4.17	1.33
11 The participants evaluated how the available data was interpreted or the method used to gather the data.	4.71	0.76	4.57	0.79
12 The participants used scientific theories, laws, or models to support and challenge ideas or to help make sense of the phenomenon under investigation.	5.00	0.00	4.43	0.98
13 The participants made distinctions and connections between inferences and observations explicit to others.	4.57	0.54	4.43	0.98
14 The participants used the language of science to communicate ideas.	4.57	0.54	4.00	1.16
<b>Social aspects</b>				
15 The participants were reflective about what they know and how they know. <sup>e</sup>	4.50	0.55	3.83	0.98
16 The participants respected what each other had to say.	4.43	1.13	4.71	0.76
17 The participants discussed an idea when it was introduced into the conversation.	4.86	0.38	4.86	0.38
18 The participants encouraged or invited others to share or critique ideas.	4.71	0.76	5.00	0.00
19 The participants restated or summarized comments and asked each other to clarify or elaborate on their comments.	5.00	0.00	5.00	0.00

<sup>a</sup>The items were scored using the following scale: 1—strongly disagree, 2—disagree, 3—

Items	Important element <sup>a</sup>	Inclusion in the category <sup>a</sup>
neutral, 4—agree, 5—strongly Agree.		
<sup>b</sup> Item was reworded to read, “The conversation focused on the generation or validation of claims or explanations” based on reviewer feedback.		
<sup>c</sup> Item represents an undesirable element of scientific argumentation and is therefore scored in reverse.		
<sup>d</sup> Item was moved from the conceptual and cognitive aspects section of the protocol to the epistemological aspects section based on expert feedback.		
<sup>e</sup> Item was moved from the conceptual and cognitive aspects section of the protocol to the social aspects section based on expert feedback.		

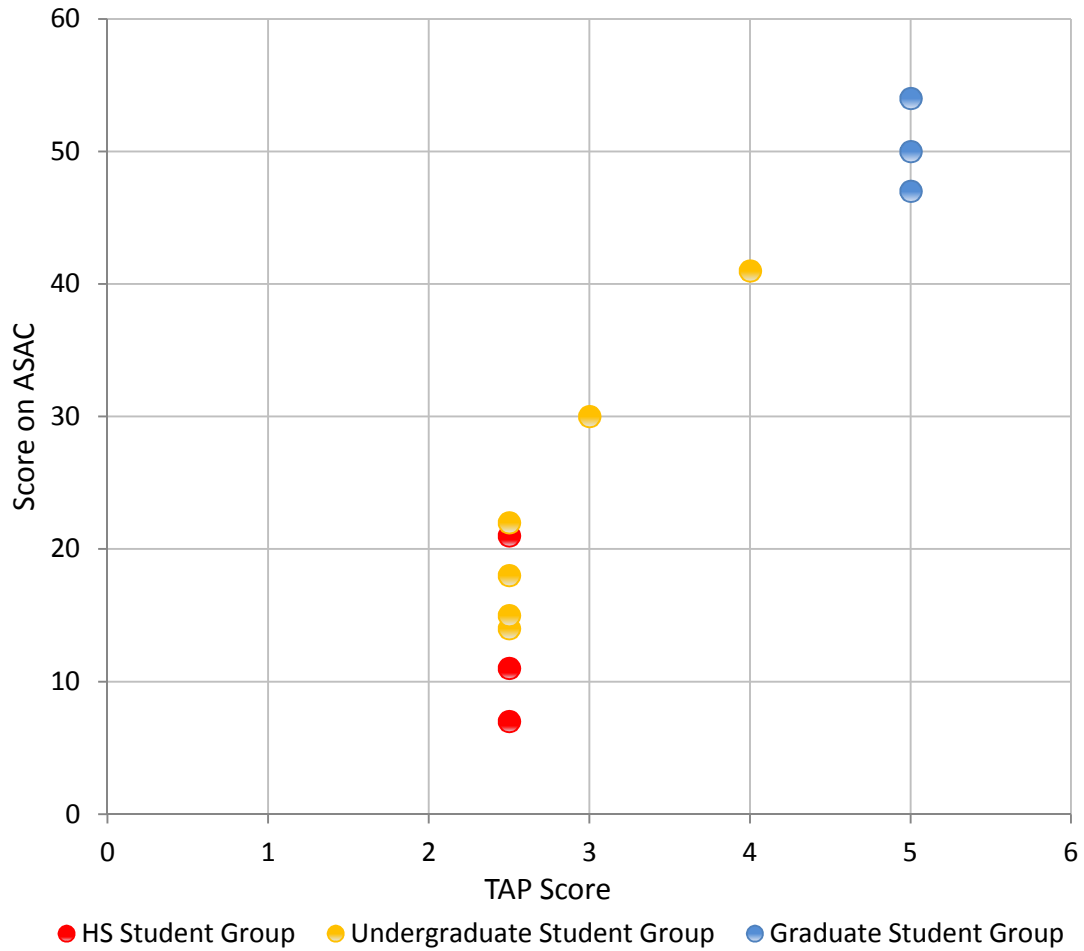


Figura 51. Comparación de los puntajes del protocolo ASAC y el TAP (Sampson et al., 2012)



## ASSESSMENT OF SCIENTIFIC ARGUMENTATION IN THE CLASSROOM OBSERVATION PROTOCOL

### OBSERVATION INFORMATION

Teacher: \_\_\_\_\_ School: \_\_\_\_\_  
 Subject: \_\_\_\_\_ Grade: \_\_\_\_\_  
 Observer: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
 Duration of the episode: \_\_\_\_\_

### GROUP CHARACTERISTICS

Size:	<input type="checkbox"/> 2	Number of times that these students have worked in this same group before:	<input type="checkbox"/> Never
	<input type="checkbox"/> 3		<input type="checkbox"/> 1
	<input type="checkbox"/> 4		<input type="checkbox"/> 2
	<input type="checkbox"/> 5		<input type="checkbox"/> 3
	<input type="checkbox"/> 6 or More		<input type="checkbox"/> 4 or more
	<input type="checkbox"/> Whole Class		<input type="checkbox"/> Unknown

Assignment to the Group:	<input type="checkbox"/> Random	Gender Composition:	<input type="checkbox"/> All Male
	<input type="checkbox"/> Self-Selected		<input type="checkbox"/> All Female
	<input type="checkbox"/> Achievement – Mixed		<input type="checkbox"/> # of Males > # of Females
	<input type="checkbox"/> Achievement – High		<input type="checkbox"/> # of Females > # of Males
	<input type="checkbox"/> Achievement – Low		<input type="checkbox"/> # of Females = # Males
	<input type="checkbox"/> Teacher choice – Other		
	<input type="checkbox"/> Unknown		

Racial/Ethnic Composition of the group:	_____	Native Language Composition of the group:	_____
---	-------	---	-------

Native Language Composition of the group:

### ACTIVITY DESIGN

Provide a brief description of (a) the way the activity or lesson was designed in an effort to promote and support argumentation and (b) the way the teacher encouraged students to engage in argumentation.





**RECORD OF EVENTS** In the space provided keep a running record of the events that occurred as the participants interacted with each other, the materials, and ideas.

Time	Description of Event

## CONCEPTUAL AND COGNITIVE ASPECTS OF SCIENTIFIC ARGUMENTATION

How the group attempts to negotiate meaning or develop a better understanding

<b>1. The conversation focused on the generation or validation of claims or explanations.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> The emphasis on the generation or validation of claims or explanations indicates that there were some significant claims or explanations at the heart of discussion. Groups that score high on this item maintain the focus of their talk and efforts on understanding or solving the problem rather than the best way to finish their work quickly or with the least amount of effort. <i>Note:</i> Groups that stay on topic but never go engage in an in-depth discussion about what is happening should be scored low on this item.				
<b>Comments:</b>				
<b>2. The participants sought out and discussed alternative claims or explanations.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> Divergent thinking is an important part of scientific argumentation. A group that meets this criterion would talk about more than one claim, explanation, or solution. Individuals that valued alternative modes of thinking would respect and actively solicit new or alternative claims, explanations, or solutions from the other participants. <i>Note:</i> Groups that discuss multiple types of grounds or support for a claim, explanation, or solution but only one claim, explanation, or solution should be scored low on this item.				
<b>Comments:</b>				
<b>3. The participants modified their claim or explanation when they noticed an inconsistency or discovered anomalous information.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> Inconsistencies between claims or explanation and the phenomenon under investigation are common in science. A group that modified their claim or explanation when they noticed inconsistencies or anomalies would not ignore “things that do not fit” or attempt to discount them once they are noticed by one of the participants. Groups that score high on this item try to modify their claim or explanation (not just their reasons) in order to account for an inconsistency or an anomaly rather than attempting to “explain them away” or simply deciding that something “doesn’t matter.”				
<b>Comments:</b>				
<b>4. The participants were skeptical of ideas and information.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> During scientific argumentation, allowing a variety of ideas to be presented, but insisting that challenge and negotiation also occur would indicate that group members were skeptical. Accepting ideas without accompanying reasons would result in a low score because it is a sign of credulous thinking. In other words, students must be willing to ask, “how do you know?” or “Are you sure?” Groups that respond to the ideas of others with comments such as “ok”, “that sounds good to me”, or “whatever you think is right” would score low on this item.				
<b>Comments:</b>				

<b>5. The participants provided reasons when supporting or challenging an idea.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<p><i>Description:</i> Providing reasons to support or challenge a claim, conclusion, or explanation is a crucial characteristic of argumentation. Claims must have some support provided for them beyond simply restating the claim itself. Making claims with out support would result in a low score on this item and including any reason like “that’s what I think”, “it doesn’t make sense”, “the data suggests...” or “but that doesn’t fit with...” would result in a higher score. <i>Note:</i> Personal or past experiences count as a reason for this item.</p>				
<b>Comments:</b>				
<b>6. The participants based their decisions or ideas on inappropriate reasoning strategies.</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<p><i>Description:</i> When people are trying to support ideas they often: (a) jump to hasty generalizations, (b) attribute causality to random events, (c) insist that a correlation is evidence of causality, and (d) exhibit a confirmation bias (for example saying, “now we need some data to prove this”). Groups that avoid inappropriate reasoning strategies or recognize them when they occur would score high on this item. Groups where these types of reasoning strategies are common would score low on this item.</p>				
<b>Comments:</b>				
<b>7. The participants attempted to evaluate the merits of each alternative explanation or claim in a systematic manner.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<p><i>Description:</i> This addresses the tentative or responsive nature of science. The idea that there is often more than one way to interpret data or evidence and that only through careful analysis can an idea be accepted or eliminated. This gets at the “gut” response factor. Conclusions are not based on opinion or inference.</p>				
<b>Comments:</b>				

## EPISTEMIC ASPECTS OF SCIENTIFIC ARGUMENTATION

How consistent the process is with the culture and norms of science

<b>8. The participants relied on the “tools of rhetoric” to support or challenge ideas.</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> “Tools of rhetoric” refer to tricks or strategies used to win a debate. Tool of rhetoric include: (a) claiming that if someone cannot disprove a claim it must be true, (b) using emotive words and false analogies, (c) directing the focus of the discussion from thinking about a claim or an explanation to thinking about the person holding or proposing a claim or an explanation, (d) over-relying on authorities, (e) dichotomizing issues so that if you discredit one position, then the observer is forced to accept the other view, and (f) making claims that are a simple restatement of one of the premises. Groups that avoided using the tools of rhetoric would score high on this item. <i>Note:</i> This item focuses on how the content of a discussion is presented or supported (i.e., how they are saying it) rather than the content of the discussion (i.e., what they are saying).				
<b>Comments:</b>				
<b>9. The participants used evidence to support and challenge ideas or to make sense of the phenomenon under investigation.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> A goal of scientific argumentation is the use of data as evidence to defend a claim, conclusion, or explanation. This item implies that students were attempting to use evidence in their arguments. This should more than an opinion; they must include data. Statements like “that’s what I think” or “it doesn’t make sense” would result in a low score. Statements like “the data we found suggests that ...” or “our evidence indicates...” would result in a higher score.				
<b>Comments:</b>				
<b>10. The participants examined the relevance, coherence, and sufficiency of the evidence.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> This item draws attention to the amount and kinds of evidence used to support a claim or explanation. Groups that attempt to (a) determine the value of a piece of evidence (e.g., “does that matter?”), (b) look at links or the relationship between multiple pieces of evidence (e.g., “This supports X and Y but this only supports X”), or (c) attempt to determine if there is enough evidence to support an idea (e.g., “We do not have any evidence to support that”) would score higher on this item.				
<b>Comments:</b>				
<b>11. The participants evaluated how the available data was interpreted or the method used to gather the data.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> The evidence provided for a claim or explanation should be evaluated based on how well the data was gathered and interpreted. A question such as “Why is that evidence included?” or “How did they gather their data?” or “Where did that data come from?” indicates that the participants are assessing methods or an interpretation of data and would result in a higher score.				
<b>Comments:</b>				

<b>12. The participants used scientific theories, laws, or models to support and challenge ideas or to help make sense of the phenomenon under investigation.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> Science is theory-laden. In other words, scientists rely on broad, well-supported organizing ideas to frame their arguments and claims. Students should also employ these paradigmatic ideas in providing warrants for the evidence and claims they make or use to refute others' claims. Explicit reference to these "big ideas" will result in a higher score on this item.				
<b>Comments:</b>				
<b>13. The participants made distinctions and connections between inferences and observations explicit to others.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> The structure of scientific arguments includes evidence involving both empirical (such as quantitative measurements and systematic observations) and inferential (noting of trends and logical connections among observations) aspects. Making these distinctions and their connections explicit to others enhances the quality of the argumentation and thus results in a higher score.				
<b>Comments:</b>				
<b>14. The participants used the language of science to communicate ideas.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> This item stresses the importance of the accurate use of scientific language by students. The adoption and use appropriate terms (e.g., condensation, force, etc), phrases (e.g., "it supports" rather than "it proves") or ways of describing information is a characteristic of argumentation that is scientific. <i>Note:</i> Ideas may be explicated before being labeled with the correct terminology.				
<b>Comments:</b>				

## SOCIAL ASPECTS OF SCIENTIFIC ARGUMENTATION

How the participants interact with each other

<b>15. The participants were reflective about what they know and how they know.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> It is important for members of the group to agree on what they know and to be specific about how they know. Statements such as, “do we all agree?” or “is there anything else we need to figure out?” or “can we be sure?” indicate that participants are monitoring their progress and have an end goal in mind.				
<b>Comments:</b>				
<b>16. The participants respected what each other had to say.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> Respecting what others have to say is more than listening politely or giving tacit agreement. Respect also indicates that what others had to say was actually heard and considered (e.g., “that is a good point”, interesting idea”, or “I hadn’t thought of that”). A group that scored high on this would allow everyone to present their ideas and express their opinions without censure or ridicule.				
<b>Comments:</b>				
<b>17. The participants discussed an idea when it was introduced into the conversation.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> To be a participating and contributing member of the group, it is important to feel valued. Ideas and opinions need to be critically acknowledged. This means they are considered and given weight by the group. Groups that ignore ideas when they are proposed (results in the same idea being mentioned over and over) would earn a low score on this item.				
<b>Comments:</b>				

<b>18. The participants encouraged or invited others to share or critique ideas.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> Good argumentation comes from considering and comparing competing ideas from multiple individuals to construct the most robust explanation of the phenomenon under study. Groups that consist of individuals that invite others to share (e.g., “what do you think”), critique (e.g., “do you agree” or “it is ok to disagree with me”), or discuss an idea (e.g., “let’s talk about this some more”) would score higher than a group with an alienating leader that dominates the conversation and the work of the group.				
<b>Comments:</b>				
<b>19. The participants restated or summarized comments and asked each other to clarify or elaborate on their comments.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	Not at all	Once or Twice	A few times	Often
<i>Description:</i> The depth of discussion will be enhanced by not making implicit judgments or assumptions about another person’s ideas or views, and it demonstrates that their point of view is valued and is furthering the discussion. Communication provides students with opportunities to identify the strengths and weaknesses of their understanding.				
<b>Comments:</b>				

Total: /57

Anexo 2. Texto de “Las paradojas hidrostáticas” y de “La paradoja de las láminas flotantes”

**Las paradojas hidrostáticas**<sup>12</sup>

“En la introducción, donde menciona los principios utilizados en sus mecanismos, Herón se refiere a la presión hidrostática. ¿Existe o no tal presión? ¿Por qué será, se pregunta, que los nadadores que bucean muy hondo, soportando en sus espaldas un peso enorme de agua, no resultan aplastados? Hay quien afirma que se debe a que el agua es de peso uniforme; pero esto no explica nada, dice Herón; he aquí la verdadera causa: supongamos que la columna líquida que se halla directamente encima del objeto sumergido (A en la Figura 52) se transforme en un cuerpo sólido de la misma densidad del agua, que alcanza la superficie libre por el lado superior, y por el inferior está en contacto inmediato con el objeto mismo. Este cuerpo equivalente ni sobresale del líquido en que está, ni se hunde en él, según lo demostrado por Arquímedes; por tanto, no teniendo ninguna tendencia hacia abajo, no ejercerá ninguna presión sobre el objeto subyacente.

En el párrafo anterior Herón formula la pregunta de por qué los nadadores no resultan aplastados por el agua cuando bucean muy hondo y presenta una explicación que no le satisface: que el agua es de peso uniforme (podría entenderse, de densidad uniforme). Propone entonces otra explicación recurriendo a “lo demostrado por

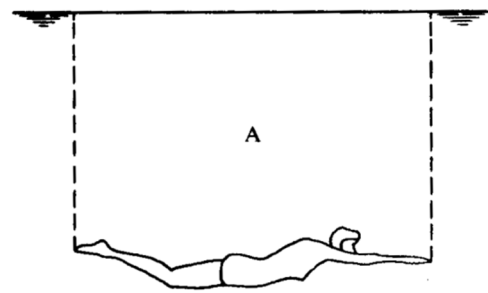


Figura 52  
(del texto original)

<sup>12</sup> Levi (1989). P.36



Arquímedes" y asume que la columna líquida que está sobre el objeto sumergido, es decir sobre el nadador, no ejerce ninguna presión sobre él.

Este razonamiento llevaría a concluir que no hay presión hidrostática en el seno de un fluido; pero si el objeto sobre el cual éste se apoya es el fondo o la pared de un depósito, dicha presión sí se nota. Bien lo saben quienes deben contener el empuje del agua con terraplenes o compuertas; y lo sabían los holandeses cuando, en la segunda mitad del siglo XVI, confiaron a un renombrado matemático, Simon Stevin, la defensa de sus tierras bajas contra las inundaciones marinas, capaces, por su salinidad, de volver estériles las mejores tierras de cultivo." (Levi, 1989)

Se sabía que cuanto más profunda queda una compuerta, tanto más se debe reforzar y más difícil resulta maniobrarla. ¿No se podría abaratar su construcción -preguntaban algunos- reduciendo la cantidad de agua que la compuerta tiene encima? Supongamos por sencillez, como muestra la Figura 53, que la compuerta AB sea horizontal, ubicada en el fondo HK de un depósito, y que sea GL la superficie libre. Si angostamos el acceso del agua dejando para su paso sólo la sección MEABFN y rellenamos todo lo demás, ¿no quedaría la compuerta menos cargada? ¿Y no podría ser -decían otros- que inclinando, como en la figura, el conducto, la pared ME soporte la carga de la porción superior del agua, descansando sobre la compuerta sólo la porción inferior? Stevin, como buen matemático, meditó acerca del problema y sacó conclusiones muy distintas.

Primero consideró que si el agua queda limitada por el vaso CABD, o sea, se reduce a la columna vertical que está encima de la compuerta, evidentemente esta última debe soportar todo su peso. Ahora, si sumergimos en el agua un sólido de forma cualquiera, pero de la misma densidad de aquella, la presión no podrá alterarse. Además, si se le da al

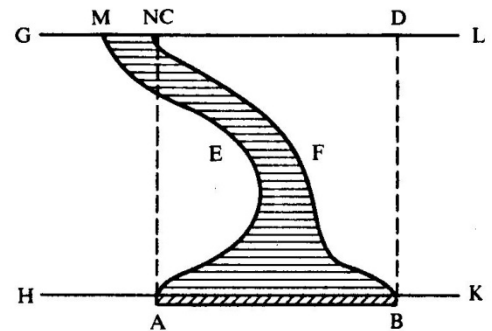


Figura 53  
(del texto original)

sólido sumergido una figura tal que no deje libre sino un canal de forma arbitraria, tampoco cambiará la presión total sobre la compuerta. Finalmente supongamos que se fije el sólido al fondo, formando el conjunto rígido GMEAH-LNFBK: la situación no cambiará, cualquiera que sea ahora el peso específico del sólido mismo. Concluyendo, la presión sobre la compuerta, o en general sobre el fondo, será siempre igual al peso de la columna vertical de agua sobrepuesta, sea cual sea la geometría del vaso.

Esto publicó Stevin en su librito sobre hidrostática aparecido en 1586. Pero, por estar escrito en idioma flamenco, muy pocos lo leyeron; y sus resultados no se difundieron hasta que, en 1608, el trabajo se tradujo al latín, idioma científico universal de la época.

Naturalmente, el contenido de la obra no se limita a lo anterior. La carga del agua sobre fondos horizontales rara vez crea problemas al ingeniero. Estos aparecen cuando el agua descansa en paredes verticales o inclinadas, empujándolas y amenazando su estabilidad. Para analizar este caso, Stevin utilizó el método ideado por Arquímedes para la rectificación de curvas y la cuadratura de áreas. Por medio de líneas horizontales, como AC, BD (Figura 54), subdividió la superficie MN de la pared en pequeñas secciones (como AB) y comprobó que la presión que cada sección soporta es mayor que la que soportaría si fuese horizontal al nivel superior (AC) y menor que si lo fuese al nivel inferior (BD). De donde, disminuyendo siempre más las anchuras AB hasta aumentar al número, llegó a la conclusión de que el empuje sobre la pared es igual al peso del volumen de agua que se constituirá aplicando perpendicularmente a la superficie en cada uno de sus puntos una columna elemental infinitamente delgada (HABK) de altura igual a la profundidad de ese punto con respecto a la superficie libre.

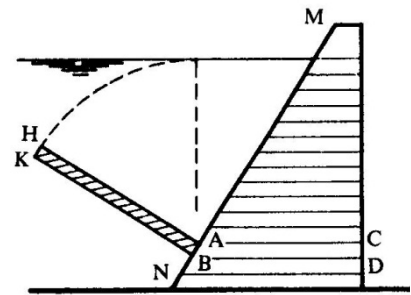


Figura 54  
(del texto original)

Este resultado, válido para cualquier pared curva, implica que, en el caso de un talud vertical o inclinado rectilíneo, el empuje es igual al peso de la columna de agua que tiene la superficie mojada por base y como altura la mitad de la del tirante de agua sobre el pie de la pared.

El problema de la presión en el seno del fluido, que vimos planteado por Herón, lo vuelve a analizar Galileo "para abrir los ojos a ciertos mecánicos prácticos que sobre un fundamento falso intentan a veces empresas imposibles". Considera el vaso ancho GIDH, conectado con el caño angosto ICAB, donde el agua alcanza el nivel LMGH (Figura 55). No faltará quien se asombre, dice Galileo, del hecho de que la grave carga de toda la masa GHDI no levante y expulse la pequeña cantidad de agua contenida en el caño CL que, aun siendo tan reducida, le impide bajar. Sin embargo todo se explica, según él, considerando que si el nivel GH bajara poquito, hasta OQ, el nivel LM subiría mucho, hasta AB, estando la subida LA con respecto a la bajada GO en proporción inversa a las secciones LM y GH de los dos conductos y, por tanto, en proporción directa a las velocidades con que se desplazan las columnas respectivas. Los "momentos" de ambos brazos (masas desplazadas por velocidades relativas) resultarán luego iguales, cumpliéndose la ley de igualdad de cantidades de movimiento. "Siendo que el momento de la velocidad del movimiento de un móvil compensa el de la gravedad de otro, ¿por qué habrá que admirarse de que la velocísima subida de la poca agua CL equilibre la tardadísima bajada de la mucha agua GD?"

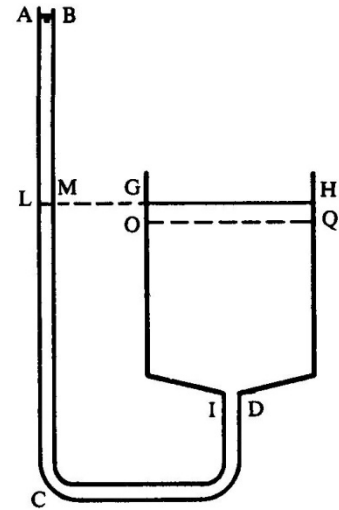


Figura 55  
(del texto original)

### La paradoja de las láminas flotantes<sup>13</sup>

<sup>13</sup> LEVI (1989). P.28



“En 1609 moría el gran duque de Toscana, Ferdinando I de Médici, sucediéndole su hijo Cósimo II con 19 años de edad. Cósimo, que acostumbraba reunirse con filósofos y matemáticos y participar en sus discusiones, decidió que su primera meta sería conseguir que Galileo, quien había sido su profesor en la universidad de Padua, regresara a su patria. Con cuanto orgullo había dicho en la universidad a sus compañeros de toda Europa: ¡El maestro es también toscano como yo!

En aquella época los salarios de los maestros universitarios no eran uniformes y un profesor de matemáticas como Galileo percibía apenas una pequeña fracción de lo que recibía uno de medicina. A pesar de un considerable aumento de sueldo conseguido por Galileo por su descubrimiento de las manchas solares, este siempre enfrentaba dificultades económicas para mantener a su familia. Así fue que aceptó el generoso ofrecimiento de Cósimo II y en septiembre de 1610, a los 46 años de edad, se mudó a Florencia.

Apenas llegó a Florencia Galileo participó en una reunión de filósofos y científicos en el suntuoso palacio del gran duque, que siempre deseaba ser informado de los avances de la ciencia y proponía a veces nuevos temas de discusión. En la plática se propuso tratar sobre la flotación. Galileo defendió la teoría de Arquímedes y otros la de Aristóteles, teorías que difieren notablemente. Dos cardenales, Maffeo Barberini y Ferdinando Gonzaga, de viaje hacia Roma, se hallaban de paso por Florencia en esos días. El gran duque, que consideraba honrar a los huéspedes ilustres de su ciudad haciéndoles presenciar reuniones de sus sabios, los invitó a una comida cuya máxima atracción fue la asistencia de Galileo, quien expuso la controversia mencionada. Los prelados discrepaban entre sí: Barberini se declaró en favor de Galileo, Gonzaga apoyó a los contrarios. Fue entonces cuando Cósimo ordenó a su Matemático redactar una relación al

respecto, misma que apareció en 1612 bajo el título *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono* (Discurso acerca de los cuerpos que se sostienen sobre el agua o se mueven dentro de ella). En esta obra se presenta una información detallada sobre el origen de la controversia.

Todo había empezado con una discusión acerca de la condensación y rarefacción, comentándose que la primera resulta del frío y la segunda del calor. No faltó quien sacara como ejemplo el hielo, a lo cual contestó Galileo explicando que el hielo, a pesar de su baja temperatura, tiene que ser más bien agua enrarecida que agua condensada, ya que el hielo flota sobre el agua y, por tanto, debe tener un peso específico menor. Se le replicó que esa flotación no se debe a liviandad, sino a la configuración ancha y llana del hielo; afirmación explicable, tratándose de gente que sólo conocía al hielo en las costras que en invierno se forman sobre charcos y riachuelos, costras que luego se despedazan y van flotando.

La objeción provenía del grupo de los seguidores de Aristóteles, que recordaban cómo éste, refiriéndose en su tratado *Del cielo* al hecho de que "un pedazo de hierro o plomo que sea plano flota sobre el agua, mientras que objetos más pequeños, pero redondos y alargados, como por ejemplo una aguja, se hunden", había intentado justificar el fenómeno sosteniendo que un cuerpo para sumirse tiene que hender la superficie del agua y que una superficie grande es más difícil de abrir que una pequeña. "Hay dos factores -escribía él-: la fuerza responsable del movimiento hacia abajo del cuerpo pesado y la fuerza que se opone al hundimiento de la superficie continua, y por tanto debe de haber una relación entre las dos. Porque cuanto más la fuerza que ejerce el objeto pesado para hender y dividir excede a la que reside en el medio continuo, tanto más el primero logrará hundirse; si por el contrario la fuerza del objeto pesado es menor, éste

flotará sobre la superficie." Teoría que contrasta claramente, como no dejó de observar Galileo, con lo que un siglo más tarde sostendría Arquímedes.

Galileo no soportaba a los peripatéticos, sus "adversarios" tradicionales, no tanto por las doctrinas de Aristóteles, una de las inteligencias más universales que haya producido la humanidad, autor de obras enciclopédicas que contienen planteamientos profundos y originales, sino por la fe ciega que ellos le tenían. Aristóteles había sido el oráculo de filósofos y teólogos escolásticos durante la Edad Media: "*ipse dixit*" – él lo dijo - sentenciaban ellos, y con esto se cerraba la puerta a toda discusión. Muchos maestros del Estudio de Pisa eran todavía así: Galileo menciona por ejemplo a cierto Buonamico, autor de un voluminoso tratado sobre el movimiento, que sostenía precisamente que la teoría de la flotación de Arquímedes debería abandonarse por no concordar con la de Aristóteles, y como prueba aducía el hecho de ser – según él - la doctrina arquimediana incapaz de explicar porqué un vaso o un barco que flotan vacíos se hunden al llenarse de agua.

En su disputa con Galileo, los adversarios fueron a traer una tablita de ébano y una pelota de la misma madera: La tablita, apoyada suavemente sobre la superficie del agua, quedaba flotando, mientras que la pelota bajaba inmediatamente hasta el fondo; de lo que se infería, de acuerdo con Aristóteles, que la diferente forma que un sólido posee, independientemente de su peso específico, hace que éste flote o bien se suma. Galileo, quien señala, de acuerdo con Arquímedes, que la figura no determina que el cuerpo flote o se hunda sino sólo la velocidad con que se hunde, siempre que el material con que está hecho sea por su peso específico apto "para vencer la resistencia de la viscosidad del agua", se veía obligado a hallar una razón para justificar la flotación de las láminas y

no sólo de ébano, sino hasta de oro, que supera al agua "en gravedad casi 20 veces... y sin embargo una delgada hojita de oro flota sin hundirse".

Este es su razonamiento; "Así como causa del hundirse de la tablita de ébano y de la hojita de oro, cuando se sumen, es su gravedad, mayor que la del agua, así es necesario que causa de su flotación, cuando ellas se sostienen, sea su liviandad; la que en tal caso, por algún accidente tal vez no observado hasta ahora, se asocie con la tablita misma, haciéndola ya no como era antes mientras se sumía, es decir más pesada que el agua, sino menos pesada. Pero esa nueva liviandad no puede provenir de la figura, sea porque la configuración no añade ni quita peso, sea porque la tablita, cuando se hunde, conserva la misma figura que cuando flota."

Luego vuelve a considerar una lámina flotante ABCD; observándola descubre que, si bien es cierto que se mantiene sobre el agua, de hecho ella se sume, quedando a un nivel más bajo que la superficie libre, rodeada por un pequeño borde HACL, MBDN (Figura 56).

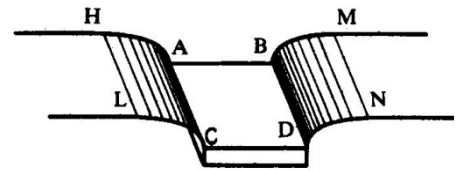


Figura 56  
(del texto original)

Es cierto pues, concluye Galileo, que de acuerdo con Aristóteles la lámina no se hunde por ser de forma impropia para hender la masa de agua; pero tampoco queda al nivel de la superficie libre. Y con su estilo característico prosigue: "Si se considerara cuidadosamente cuál y cuánto sea el cuerpo que en esta experiencia entra al agua y contrasta con la gravedad de ella, se notará que es todo lo que se encuentra por debajo (del nivel) de la superficie del agua; lo que consiste en el conjunto de una tablita de ébano y un volumen casi igual de aire, o bien de una lámina de plomo y diez o doce veces más de aire. Pero, señores



adversarios, en nuestro asunto se trata de conservar la materia y alterar tan solo la figura; por tanto removed ese aire que, agregado a la tablita, la vuelve un cuerpo menos pesado que el agua, y colocad en el agua el simple ébano: así sin duda veréis la tablita bajar hasta el fondo, y si esto no sucede, habréis ganado el pleito." Pero, ¿cómo quitar el aire? Muy simple, dice Galileo: basta con mojar ligeramente la superficie superior de la tablita e inmediatamente el agua que se detiene en el borde escurrirá, cubrirá todo el ébano y éste se hundirá.

El Discurso, que contiene muchas cosas más, apareció a fines de mayo de 1612, y tuvo tanto éxito y tanto fue el alboroto que levantó, que antes de que terminara el año salió una segunda edición, en la cual el autor agregó aclaraciones y complementos. Muchos fueron los que impugnaron por escrito las ideas galileanas. En Pisa, Arturo d'Elci y Giorgio Coresio salieron a defender las opiniones peripatéticas; en favor de Galileo apareció Tolomeo Nozzolini, quien, con referencia al pequeño borde de agua, hizo reflexiones que parecen abrir camino a la consideración de la tensión superficial. Luego, Ludovico delle Colombe y Vincenzo di Grazia publicaron nuevos opúsculos atacando violentamente a Galileo. Este, buen peleador por naturaleza, se dispuso a contestar; pero sus amigos le convencieron de que no les diera tanta importancia y dejara que uno de sus discípulos se ocupase del asunto. Fue así como Galileo encargó la respuesta al predilecto, Benedetto Castelli, fraile benedictino de unos 35 años de edad. Castelli replicó, pero para hacerlo debió acercarse más y más a la hidráulica; tanto que luego, como veremos, se volvió el experto número uno en la materia."

Anexo 3. Texto fragmentado de “las Paradojas Hidrostáticas” y preguntas asociadas

En la introducción, donde menciona los principios utilizados en sus mecanismos, Herón se refiere a la presión hidrostática. ¿Existe o no tal presión? ¿Por qué será, se pregunta, que los nadadores que bucean muy hondo, soportando en sus espaldas un peso enorme de agua, no resultan aplastados?<sup>1</sup> <sup>14</sup>Hay quien afirma que se debe a que el agua es de peso uniforme; pero esto no explica nada, dice Herón; he aquí la verdadera causa: supongamos que la columna líquida que se halla directamente encima del objeto sumergido (A en la Figura 52) se transforme en un cuerpo sólido de la misma densidad del agua, que alcanza la superficie libre por el lado superior, y por el inferior está en contacto inmediato con el objeto mismo. Este cuerpo equivalente ni sobresale del líquido en que está, ni se hunde en él, según lo demostrado por Arquímedes; por tanto, no teniendo ninguna tendencia hacia abajo, no ejercerá ninguna presión sobre el objeto subyacente<sup>2</sup>.

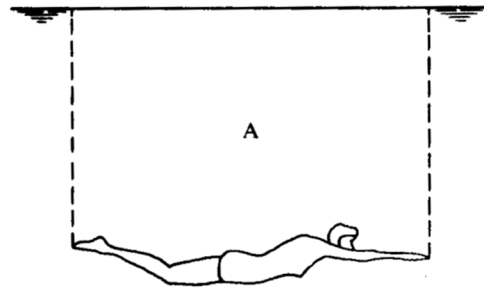


Figura 52  
(del texto original)

1. ¿Cree usted que un nadador sumergido en el agua recibe sobre su cuerpo un efecto debido a la presión?

¿Depende ese efecto de cuánto se sumerja el nadador?

¿Cambiará la fuerza del agua sobre el cuerpo con la profundidad de sumergencia?

---

<sup>14</sup> El número del superíndice al final de los fragmentos subrayados corresponde a la pregunta que se formula adelante

2. ¿Qué opinión tiene sobre esta conclusión de Herón?

¿Le parece razonable?

Este razonamiento llevaría a concluir que no hay presión hidrostática en el seno de un fluido; pero si el objeto sobre el cual éste se apoya es el fondo o la pared de un depósito, dicha presión sí se nota<sup>3</sup>. Bien lo saben quienes deben contener el empuje del agua con terraplenes o compuertas; y lo sabían los holandeses cuando, en la segunda mitad del siglo XVI, confiaron a un renombrado matemático, Simon Stevin, la defensa de sus tierras bajas contra las inundaciones marinas, capaces, por su salinidad, de volver estériles las mejores tierras de cultivo.

3. ¿Por qué podrá notarse la presión en el fondo o en la pared de un depósito más fácil que en el nadador?

Se sabía que cuanto más profunda queda una compuerta, tanto más se debe reforzar y más difícil resulta maniobrarla. ¿No se podría abaratar su construcción -preguntaban algunos- reduciendo la cantidad de agua que la compuerta tiene encima?<sup>4</sup> Supongamos por sencillez, como muestra la Figura 53, que la compuerta AB sea horizontal, ubicada en el fondo HK de un depósito, y que sea GL la superficie libre. Si angostamos el acceso del agua dejando para su paso sólo la sección MEABFN y rellenamos todo lo demás, ¿no quedaría la compuerta menos cargada? ¿Y no podría ser -decían otros- que inclinando, como en la figura, el conducto, la pared ME soporte la carga de la porción superior del agua, descansando sobre la compuerta sólo la porción inferior?

4. ¿Qué opina acerca de la idea de reducir la cantidad de agua con el fin de disminuir la fuerza sobre la compuerta?

Stevin, como buen matemático, meditó acerca del problema y sacó conclusiones muy distintas.

Primero consideró que si el agua queda limitada por el vaso CABD, o sea, se reduce a la columna vertical que está encima de la compuerta, evidentemente esta última debe soportar todo su peso. Ahora, si sumergimos en el agua un sólido de forma cualquiera, pero de la misma densidad de aquella, la presión no podrá alterarse. Además, si se le da al sólido sumergido una figura tal que no deje libre sino un canal de forma arbitraria, tampoco cambiará la presión total sobre la compuerta<sup>5</sup>. Finalmente supongamos que se fije el sólido al fondo, formando el conjunto rígido GMEAH-LNFBK: la situación no cambiará, cualquiera que sea ahora el peso específico del sólido mismo<sup>6</sup>. Concluyendo, la presión sobre la compuerta, o en general sobre el fondo, será siempre igual al peso de la columna vertical de agua sobrepuesta, sea cual sea la geometría del vaso<sup>7</sup>.

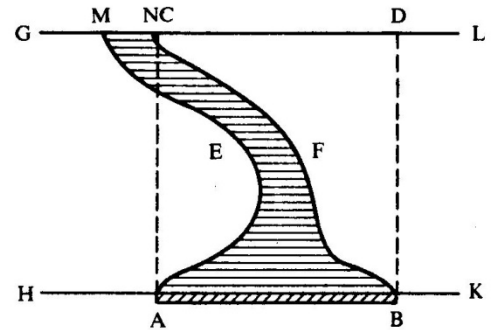


Figura 57  
(del texto original)

5. ¿Qué opina de esta aseveración? ¿Agregaría usted alguna condición para que eso se cumpla?

6. ¿Por qué no habría de importar el peso específico del sólido?

7. ¿Está de acuerdo con esta conclusión?

Esto publicó Stevin en su librito sobre hidrostática aparecido en 1586. Pero, por estar escrito en idioma flamenco, muy pocos lo leyeron; y sus resultados no se difundieron hasta que, en 1608, el trabajo se tradujo al latín, idioma científico universal de la época.

Naturalmente, el contenido de la obra no se limita a lo anterior. La carga del agua sobre fondos horizontales rara vez crea problemas al ingeniero. Estos aparecen cuando el agua descansa en paredes verticales o inclinadas, empujándolas y amenazando su estabilidad. Para analizar este caso, Stevin utilizó el método ideado por Arquímedes para la rectificación de curvas y la cuadratura de áreas. Por medio de líneas horizontales, como AC, BD (Figura 54), subdividió la superficie MN de la pared en pequeñas secciones (como AB) y comprobó que la presión que cada sección soporta es mayor que la que soportaría si fuese horizontal al nivel superior (AC) y menor que si lo fuese al nivel inferior (BD)<sup>8</sup>. De donde, disminuyendo siempre más las anchuras AB hasta aumentar al número, llegó a la conclusión de que el empuje sobre la pared es igual al peso del volumen de agua que se constituirá aplicando perpendicularmente a la superficie en cada uno de sus puntos una columna elemental infinitamente delgada (HABK) de altura igual a la profundidad de ese punto con respecto a la superficie libre<sup>9</sup>.

8. ¿Cómo podría hacerse esta comprobación?

9. ¿Por qué ha de aplicarse la perpendicular a la superficie con una columna de altura igual a la profundidad ese punto con respecto a la superficie libre?

Este resultado, válido para cualquier pared curva, implica que, en el caso de un talud vertical o inclinado rectilíneo, el empuje es igual al peso de la columna de agua que tiene la superficie mojada por base y como altura la mitad de la del tirante de agua sobre el pie de la pared<sup>10</sup>.

10. ¿De qué manera expresaría usted esta aseveración? ¿Está de acuerdo con ella?

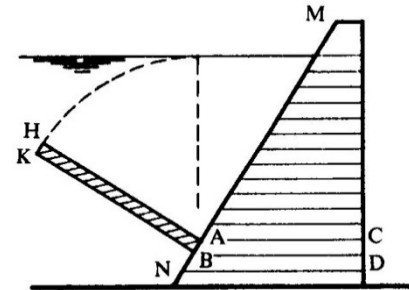


Figura 54  
(del texto original)

## Anexo 4. Respuestas escritas de los estudiantes al texto de las paradojas hidrostáticas

Lunes 16 de abril de 2012

En esta sesión se analizan en un grupo focal conformado por los mismos estudiantes (donde el foco son los argumentos escritos) las respuestas escritas de los estudiantes, registradas en la sesión anterior.

A continuación se transcriben algunos apartes de las respuestas de los participantes a las 10 preguntas del documento que se ha discutido en las anteriores sesiones. El objetivo de esta sesión es discutir y analizar con mayor profundidad estas intervenciones escritas.

1. ¿Cree usted que un nadador sumergido en el agua recibe sobre su cuerpo un efecto debido a la presión?

¿Depende ese efecto de cuánto se sumerja el nadador?

¿Cambiará la fuerza del agua sobre el cuerpo con la profundidad de sumergencia?

Respuestas (completas o fragmentos):


- 1.1. Sí, un cuerpo sumergido recibe fuerzas verticales debido a la presión que le ejerce sobre (*sic*) el fluido, esta presión sería igual a la fuerza de empuje la cual va variando con la profundidad a la que está sumergido el cuerpo.
- 1.2. Sí cambiaría la fuerza, esta sería mayor a medida que el nadador se sumerja (*sic*) más.
- 1.3. Sí, el agua le ejerce una presión por la columna de agua sobre él y la reacción de la que está justo debajo en contacto con él.
- 1.4. Sí, a medida que la profundidad aumenta, la presión también sube, al aumentar la presión, la fuerza es mayor.
- 1.5. Sí, efectivamente hay un efecto debido a la presión, ya que entre mayor sea la profundidad a la cual esté inmerso mayor será la presión. La cual se da debido a la columna de agua que está por encima del cuerpo del nadador, debido a esto entre mayor sea la columna de agua la fuerza sobre el cuerpo del nadador aumentará.
- 1.6. Sí recibe un efecto de la presión en su cuerpo, uniformemente distribuido, que depende de la profundidad, llegando a un punto máximo donde el nadador no sea capaz de respirar. Diferente a la presión, la fuerza no varía en nada cuando cambia la profundidad por la compensación que se da por el objeto mencionado.
- 1.7. Un nadador sí recibe sobre su cuerpo un efecto debido a la presión, pero esta presión genera fuerzas sobre el cuerpo que actúa en todas las direcciones, pero por sumatoria de fuerzas solo queda actuando una fuerza resultante vertical.  
Sí porque la fuerza que actúa sobre el nadador, es el volumen de la columna de agua que actúa sobre el nadador por el peso específico del agua, y si varía la profundidad, varía el volumen.

2. ¿Qué opinión tiene sobre esta conclusión de Herón?

¿Le parece razonable?

Respuestas (completas o fragmentos):

- 2.1. No es razonable porque el cuerpo está sumergido totalmente, al estar sumergido sobre el cuerpo se ejercen fuerzas en todas las direcciones, siendo más importantes las fuerzas verticales porque estas no van a ser acción-reacción en todos los casos, mientras que las verticales (*sic*) sí.
- 2.2. No estoy de acuerdo con la conclusión de herón (*sic*) ya que sobre el nadador sí existirá una presión, dicha presión será contrarrestada por una fuerza de empuje debida al líquido que está debajo el (*sic*) nadador. El que halla (*sic*) un equilibrio no quiere decir que no exista presión.
- 2.3. No estoy de acuerdo con él debido a que el cuerpo sí resiste presión, no debe ser exactamente hacia arriba pero no digo que está sometido a ninguna fuerza. Lo digo más que todo por lo de los tímpanos.

- 2.4. No es razonable la conclusión de Herón, bien lograda para la época pero no acertada. Ya que el agua es un fluido especial, que no podría llevarse a comparaciones con sólidos por la repartición uniforme en el objeto, que terminaría por aplastar al nadador. (*sic*)
3. ¿Por qué podrá notarse la presión en el fondo o en la pared de un depósito más fácil que en el nadador?
- 3.1. En el fondo la presión siempre es igual  $P=\gamma \cdot V_{\text{sumergido}}$  en este caso el  $V_{\text{sumergido}}$  sería el volumen del tanque, porque no hay objetos sumergidos que puedan alterar el  $V_{\text{total}}$  o la fuerza.
  - 3.2. Porque esta presión se está ejerciendo sobre un objeto que está respondiendo ante ella, al no estar en equilibrio, el objeto es el que debe contrarrestar todas las presiones.
  - 3.3. Porque primero el nadador está en contacto por ambos lados por (*sic*) el agua lo que contrarresta la fuerza hacia abajo, la compuerta en el fondo tiene encima el peso de toda la columna de agua, y porque la superficie del nadador no es tan uniforme como lo es la compuerta que se puede definir un área determinada en contacto con la columna de agua ya sea hacia arriba o de empuje con el oleaje para compuertas horizontales.
  - 3.4. Debido a que un fondo o una pared es una superficie liza (*sic*) y debido a esto su área es calculable con facilidad.
  - 3.5. Se podría notar mejor dicha presión debido primero que todo a que la superficie de un depósito es lisa y la del cuerpo de una persona no.
  - 3.6. Debido a que en el fondo del depósito solo se resiste la columna de agua vertical (*sic*), por esto el desgarte (*sic*), debido a que no se compensa con la columna de agua de abajo. Prueba de esto es que cuando se vacía una piscina las valdosas (*sic*) se relajan.
  - 3.7. Se puede notar más fácil por la facilidad analizando la geometría de esos elementos, que en la del nadador. Además que luego de las paredes o el fondo no sigue el mismo fluido sino que ahí termina el contenedor, mientras que el nadador siempre está rodeado por el mismo fluido, generando fuerzas en contrasentido, generando la anulación de dichas fuerzas.
4. ¿Qué opina acerca de la idea de reducir la cantidad de agua con el fin de disminuir la fuerza sobre la compuerta?
5. ¿Qué opina de esta aseveración? ¿Agregaría usted alguna condición para que eso se cumpla?
- 5.1. La fuerza horizontal sí depende del volumen del vaso, es decir de su geometría pero en realidad la fuerza sobre la compuerta no depende de este volumen sino del área en contacto de la presión en estos puntos de contacto (*sic*).
6. ¿Por qué no habría de importar el peso específico del sólido?
7. ¿Está de acuerdo con esta conclusión?
8. ¿Cómo podría hacerse esta comprobación?
- 8.1. Considerando que la presión varía en una superficie, aumentaría la presión al aumentar la profundidad, sabiendo que se toma un área muy pequeña.
  - 8.2. Esto se podría comprobar de forma fácil diciendo que el área es mayor ya que la superficie es mayor ( $h_2 > h_1$ )
- 
- 8.3. Podría comprobarse mediante la instalación de sensores.
9. ¿Por qué ha de aplicarse la perpendicular a la superficie con una columna de altura igual a la profundidad ese punto con respecto a la superficie libre?
- 9.1. Debido a que la columna de agua es lo que finalmente genera la presión en la superficie, de ahí que se saca el área como lo hicimos en la asignatura mecánica de fluidos y se saca la resultante.
10. ¿De qué manera expresaría usted esta aseveración? ¿Está de acuerdo con ella?



- 10.1. Que el empuje se considera como el área que forma la presión en cada punto de la superficie sólida por el peso específico del fluido.
- 10.2. Si estoy de acuerdo con la aseveración, se puede analizar gráficamente por medio de el (*sic*) diagrama, obteniendo el prisma de presiones y llegando a la conclusión de que la fuerza F es:  $F = \frac{\gamma h_2 h_1}{2}$



*Tesis doctoral Facultad de Educación. Juan F. Barros M. (2014)*

Anexo 5. Respuestas escritas de los estudiantes en un foro virtual  
realizado en la última sesión del 2012

Archivo disponible en formato pdf<sup>15</sup>:

Respuestas foro virtual argumentación Paradojas Hidrostáticas 2012.pdf

---

<sup>15</sup> Para obtener una copia del archivo por favor hacer la solicitud al autor a [juan.barros@outlook.com](mailto:juan.barros@outlook.com)



Anexo 6. Encuesta realizada a los estudiantes del semillero participantes en la investigación (2011)

Fecha de realización: 8 de noviembre de 2011

1. ¿Cómo considera el trabajo o la experiencia realizada en el semillero? (su apreciación personal)
2. ¿Cree que el trabajo le aportó en qué aspectos (evaluación en lo conceptual-cognitivo, lo epistemológico y lo social)?
3. ¿Cree que es posible realizar en el aula experiencias similares?
4. ¿Qué sugeriría para mejorar el trabajo en el semillero (evaluación del semillero)?
5. ¿Cree que la experiencia puede ser aplicada en otros campos del conocimiento o en otras asignaturas?
6. ¿Qué desventajas puede tener la interacción en el aula?
7. ¿Qué dificultades encuentra para promover la interacción en el aula?
8. ¿Qué condiciones cree que deben darse para llevar a cabo la interacción en el aula?
9. ¿Cree que sería necesario recibir alguna formación para llevar a cabo la interacción en el aula?
10. ¿Le gustaría contribuir con el diseño de actividades para la promoción de la interacción en el aula?

Respuestas disponibles en archivo en formato pdf:

Respuestas encuesta estudiantes en argumentación.pdf



*Tesis doctoral Facultad de Educación. Juan F. Barros M. (2014)*

Anexo 7. Evaluación del protocolo ASAC por los participantes (2012)

Fecha de realización: 9 al 14 de mayo de 2012

Archivo disponible en formato pdf<sup>16</sup>:

Evaluación del protocolo ASAC por los participantes 2012.pdf

---

<sup>16</sup> Para obtener una copia del archivo por favor hacer la solicitud al autor a [juan.barros@outlook.com](mailto:juan.barros@outlook.com)



Anexo 8. Ponencias o artículos presentados a la comunidad académica y científica

1. Barros Martínez, Juan Fernando (2014). Fallacies that affect the epistemic appearances in the learning of the sciences. 8th Conference of the International Society for the Study of Argumentation (ISSA). Amsterdam, Holanda.
2. Barros Martínez, Juan Fernando (2013). La interacción en el aula y el discurso argumentativo en un proceso de aprendizaje de las ciencias. En: La argumentación en la clase de ciencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias. Editores Ángel Enrique Romero Chacón, Berta Lucila Henao Sierra, Juan Fernando Barros Martínez. Universidad de Antioquia, Facultad de Educación. Medellín
3. Barros Martínez, Juan Fernando (2013). Reconocimiento del proceso de aprendizaje en el aula a través de las declaraciones argumentativas de los estudiantes. IV Coloquio Internacional de Filosofía. Dialéctica, Retórica, Hermenéutica y Argumentación. Cartagena de Indias.
4. Barros Martínez, Juan Fernando (2013). Identifying argumentative acts within the classroom amongst engineering students. Virtues of Argumentation. Tenth Conference of Ontario Society for the Study of Argumentation. Windsor, Canada.
5. Barros Martínez, Juan Fernando (2013). Reconociendo las interacciones en un proceso de aprendizaje en el aula. Un caso con estudiantes de ingeniería. XIII Jornadas y I Congreso Internacional del Maestro Investigador. Medellín.
6. Barros Martínez, Juan Fernando; Romero Chacón, Ángel Enrique (2012). Análisis de un discurso argumentativo en el aula de ciencias de ingeniería. III Congreso Nacional de Investigación en Educación en

- Ciencias y Tecnología – Educyc- y II Congreso Iberoamericano en Investigación en Enseñanza de las Ciencias – CIIEC. San Juan de Pasto.
7. Barros Martínez, Juan Fernando (2012). Argumentation in the classroom in a science learning process. 5th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI).Madrid, España.
  8. Barros Martínez, Juan Fernando (2012). Interaction in the Classroom in a Science Learning Process. The Communication of Certainty and Uncertainty: linguistic, psychological, philosophical aspects. Macerata, Italia.
  9. Barros Martínez, Juan Fernando (2012). Interaction in the Classroom and Argumentative Discourse in a Science Learning Process. 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning and 41st International Conference on Engineering Pedagogy. Villach, Austria.
  10. Barros Martínez, Juan Fernando (2012). Una propuesta en tres vías para evaluar el discurso en el aula de ingeniería. Reunión Nacional Acofi 2012. “La calidad en las facultades de ingeniería y su impacto en el desarrollo nacional”. Medellín.
  11. Barros Martínez, Juan Fernando (2012). El discurso argumentativo en el aula de ingeniería. De la Pragmadialéctica al aprendizaje de las ciencias. III Congreso Internacional y VIII Nacional de Investigación en Educación, Pedagogía y Formación Docente. “La construcción de conocimiento educativo para un futuro humano”. Bogotá.
  12. Barros Martínez, Juan Fernando (2012). Análisis de un proceso de aprendizaje en el aula a partir de la interacción argumentativa. Jornadas de Investigación EIA 2012. Envigado.
  13. Barros Martínez, Juan Fernando (2011). La interacción oral en el aula y el discurso argumentativo en un proceso de aprendizaje de conocimiento científico. IX Congreso Internacional de la Asociación Latinoamericana de Estudios del Discurso. Discursos de América



- Latina: voces, sentidos e identidades. Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
14. Barros Martínez, Juan Fernando (2011). La interacción en el aula y el discurso argumentativo en un proceso de aprendizaje de la ciencia. XII Jornadas del Maestro Investigador: Pensamiento y Escritura del Maestro. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
  15. Barros Martínez, Juan Fernando (2011). La interacción oral en el aula en el discurso argumentativo para el aprendizaje de conocimiento científico. Reunión Nacional Acofi 2011. Santa Marta.
  16. Barros Martínez, Juan Fernando (2011). Aprendizaje de la hidráulica en estudiantes de ingeniería mediante una interacción argumentativa. IX Conferencia de LACCEI. Medellín.
  17. Barros Martínez, Juan Fernando (2011). Aprendizaje de la hidráulica en estudiantes de ingeniería mediante un diálogo argumentativo. IGIP 2011 – International Symposium on Engineering Education. Santos, Brasil.
  18. Barros Martínez, Juan Fernando; Romero Chacón, Ángel Enrique (2010). Aprendizaje de la hidráulica en un ejercicio argumentativo con estudiantes de ingeniería. Segundo Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología. Cali.
  19. Barros Martínez, Juan Fernando (2010). El aprendizaje de la hidráulica mediante un ejercicio argumentativo con estudiantes de ingeniería. II Coloquio Internacional de Didácticas, Currículo y Sociedad, "Diálogos Pedagógicos sobre Currículo y Didáctica". IV Coloquio Nacional de Didáctica de las ciencias. Ibagué.
  20. Barros Martínez, Juan Fernando; Romero Chacón, Ángel Enrique (2010). La historia de las ciencias como fuente para el desarrollo de la capacidad argumentativa. El aprendizaje de la hidráulica en

estudiantes de ingeniería. 1a Conferencia Latinoamericana del grupo International History, Philosophy, and Science Teaching. Maresias, Brasil.

21. Barros Martínez, Juan Fernando (2010). Aprendizaje de la hidráulica en estudiantes de ingeniería mediante una acción argumentativa. Jornadas de Investigación EIA. Envigado.
22. Barros Martínez, Juan Fernando (2010). Desarrollo de la acción argumentativa en estudiantes de ingeniería. Reunión Nacional ACOFI 2010. Santa Marta.





Anexo 9. Transcripción de 14 sesiones del corpus de la investigación  
Archivo disponible en formato pdf<sup>17</sup>:  
Transcripción de 14 sesiones.pdf

---

<sup>17</sup> Para obtener una copia del archivo por favor hacer la solicitud al autor a [juan.barros@outlook.com](mailto:juan.barros@outlook.com)

Anexo 10. Figuras en tamaño mayor

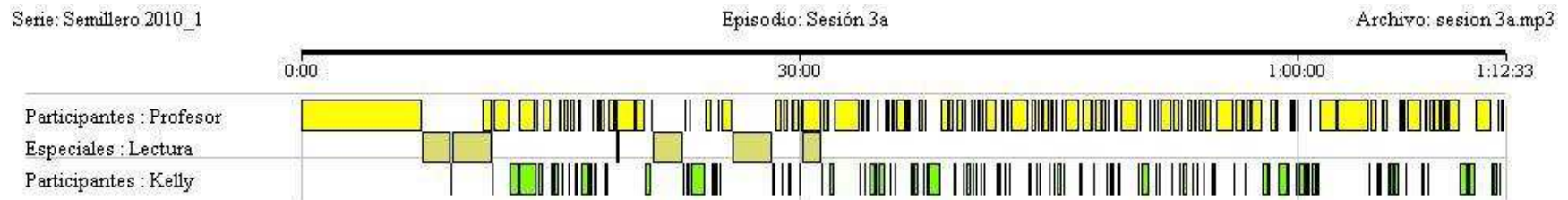


Figura 6. Mapa de interacciones en la sesión 3a (2010)



Figura 7. Mapa de interacciones en la sesión 3b (2010)

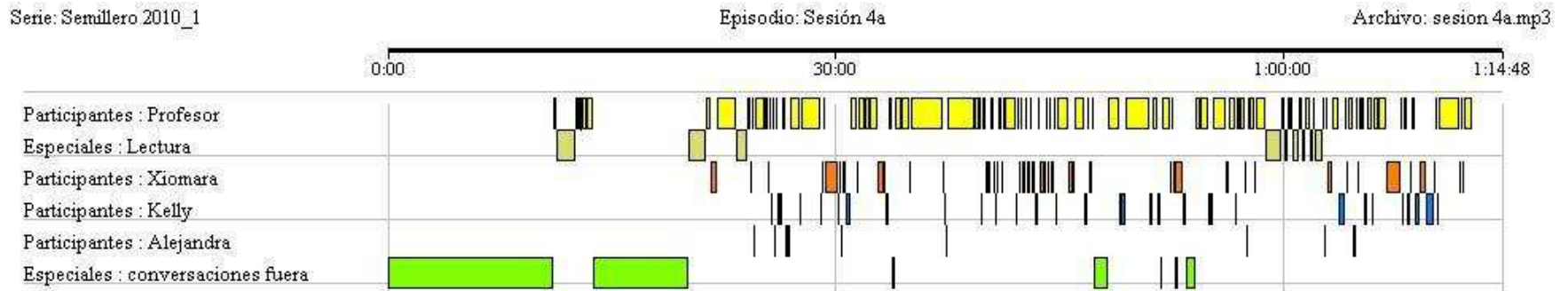


Figura 8. Mapa de interacciones en la sesión 4a (2010)

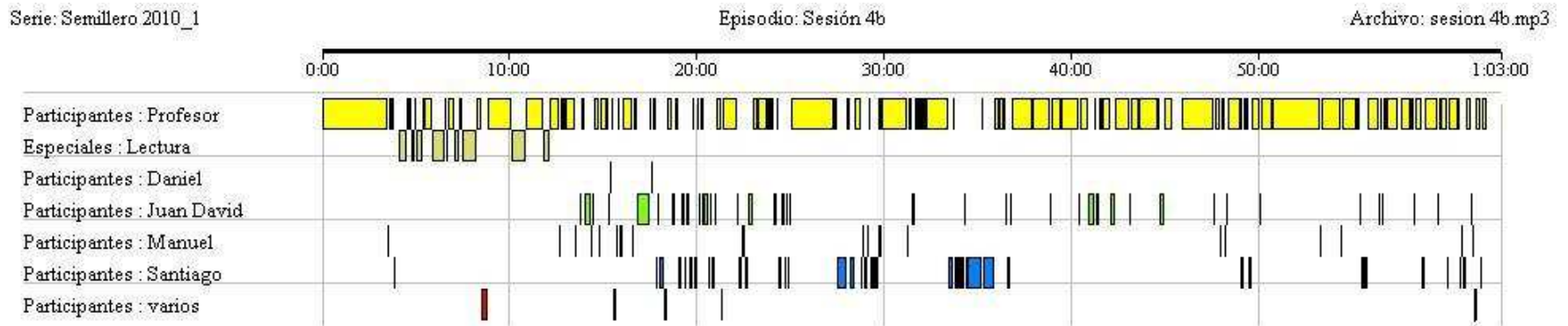


Figura 9. Mapa de interacciones en la sesión 4b (2010)

Serie: Semillero 2011\_1

Episodio: Sesión 4

Archivo: 110308\_002.mp3

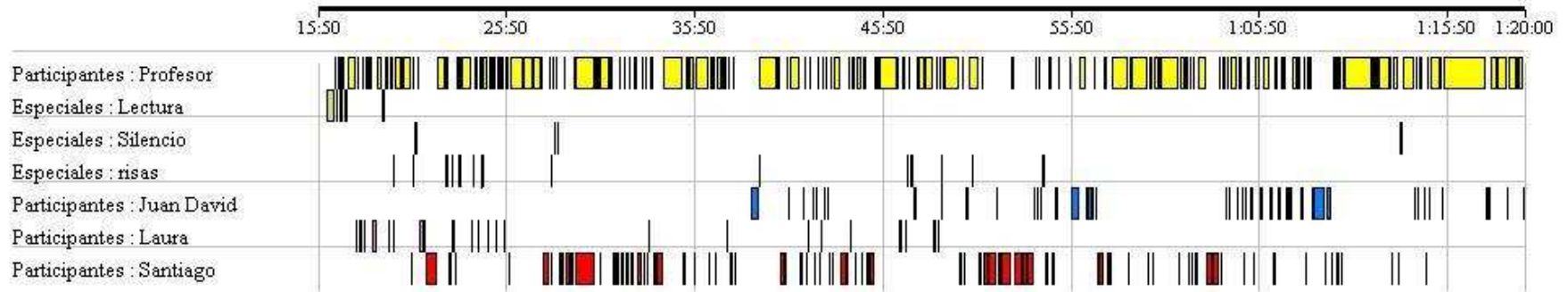


Figura 10. Mapa de interacciones en la sesión 4 (2011)

Serie: Semillero 2011\_2

Episodio: Sesión 7

Archivo: 110906\_002.mp3

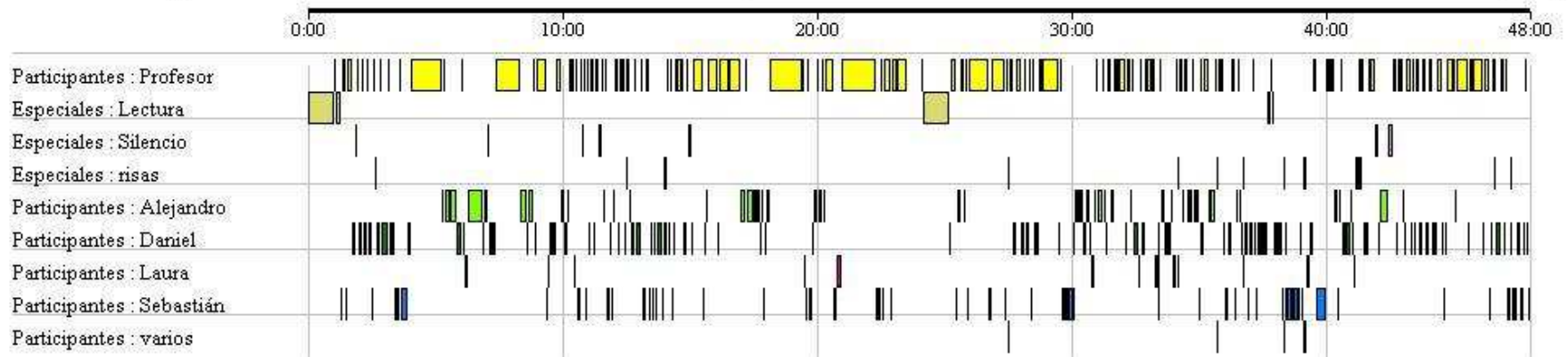


Figura 11. Mapa de interacciones en la sesión 7 (2011)

Serie: Semillero 2011\_2

Episodio: Sesión 9

Archivo: 111004\_001.mp3

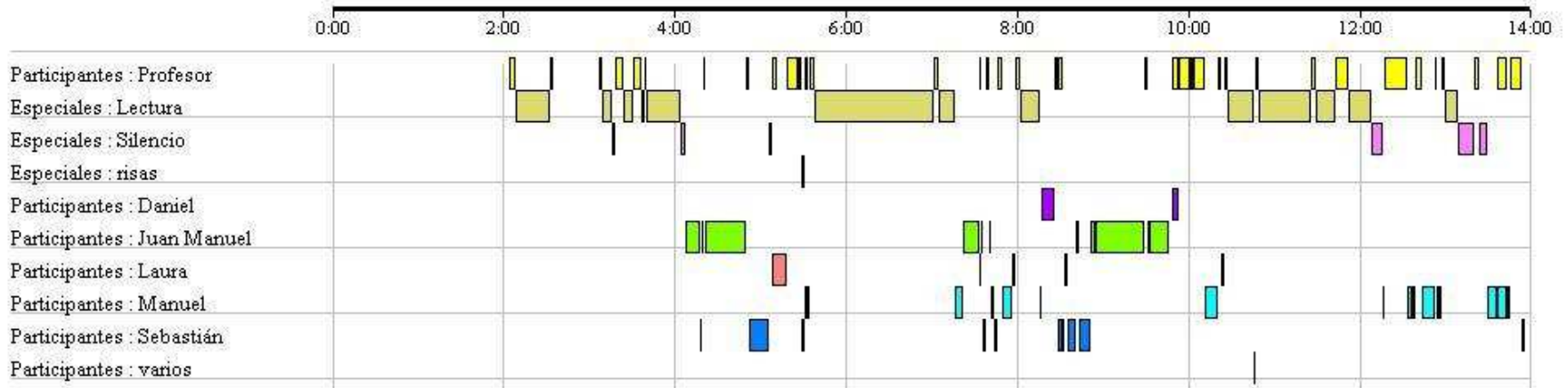


Figura 12. Mapa de interacciones en la sesión 9 (2011)

Serie: Curso regular 2011\_1

Episodio: Sesión 10

Archivo: 110214\_001.mp3

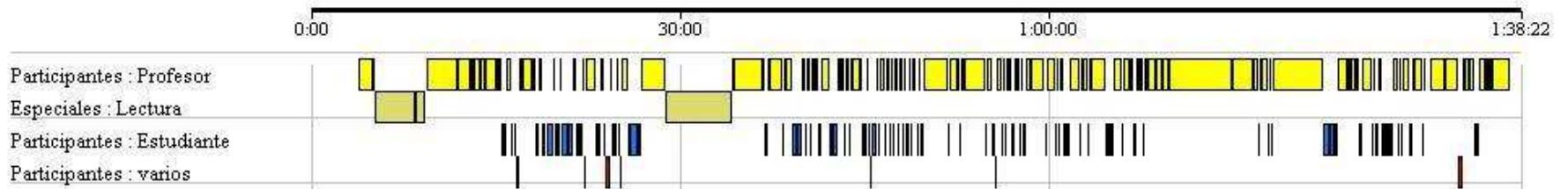


Figura 13. Mapa de interacciones en el curso regular (2011-1)

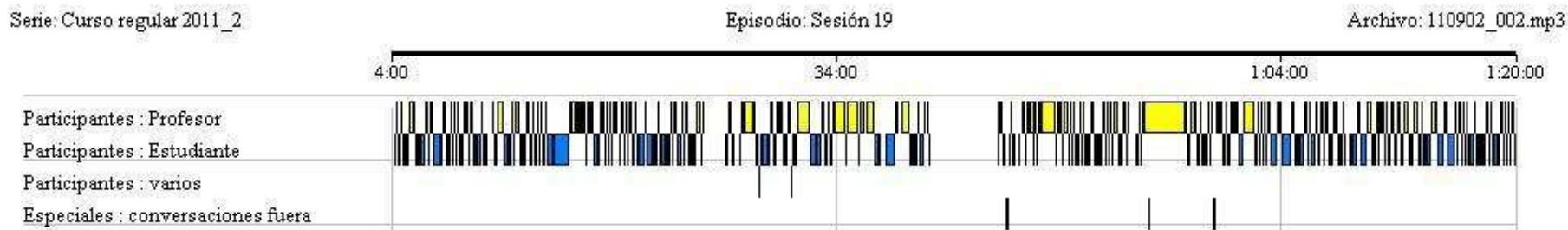


Figura 14. Mapa de interacciones en el curso regular (2011-2)

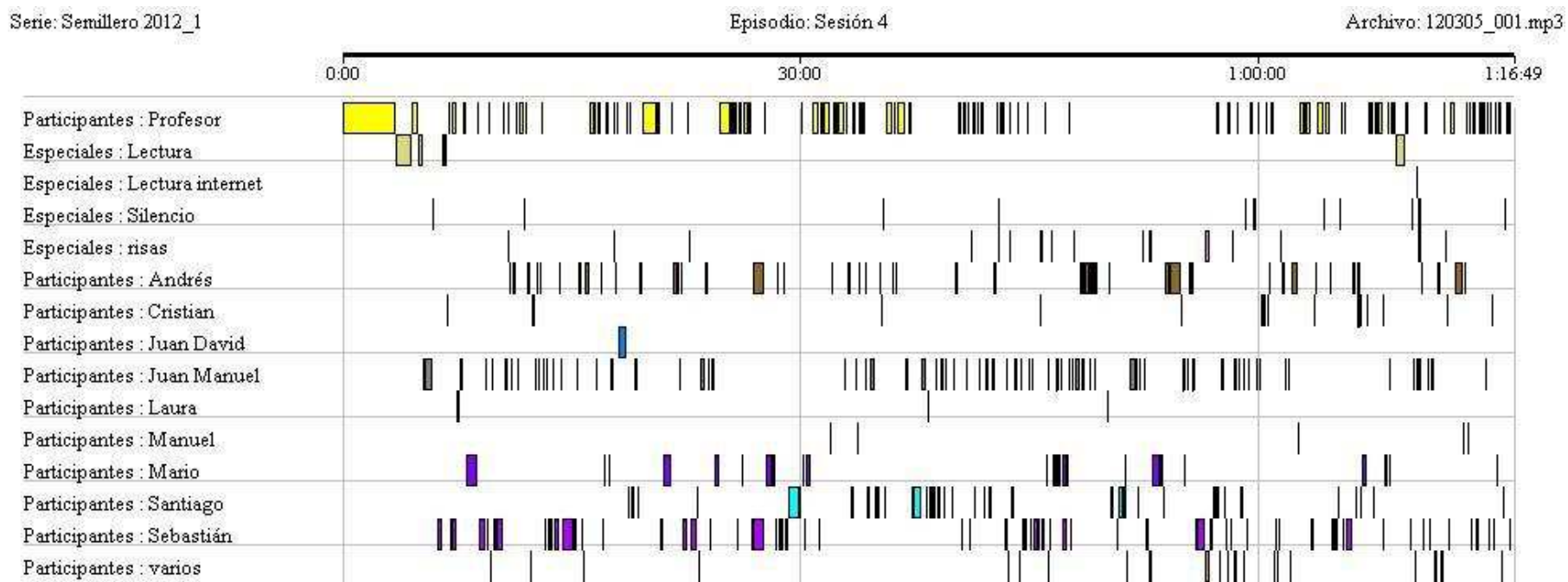




Figura 15. Mapa de interacciones en la sesión 4 (2012)

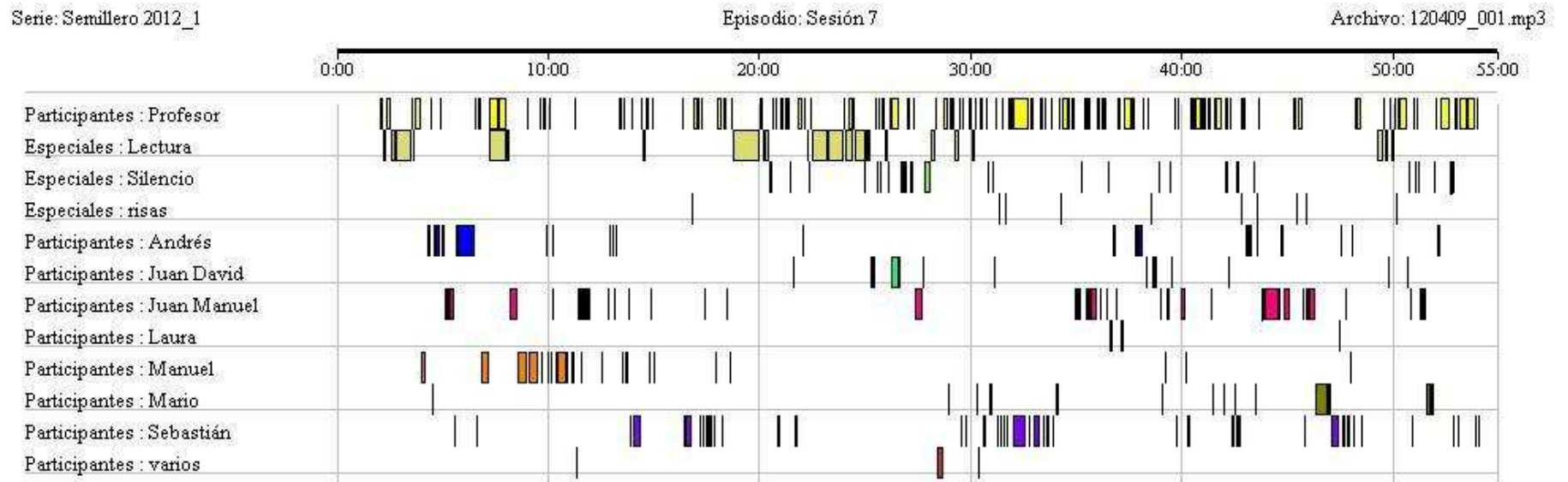


Figura 16. Mapa de interacciones en la sesión 7 (2012)

Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 8

Archivo: 120416\_001.mp3

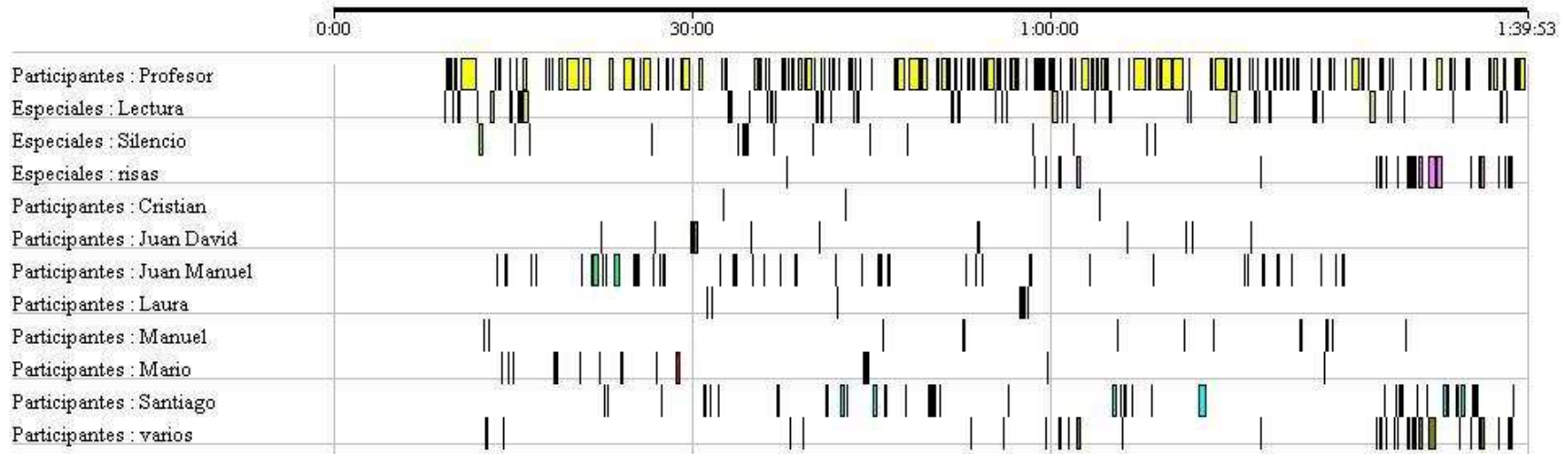


Figura 17. Mapa de interacciones en la sesión 8 (2012)

Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 9

Archivo: 120423\_002.mp3

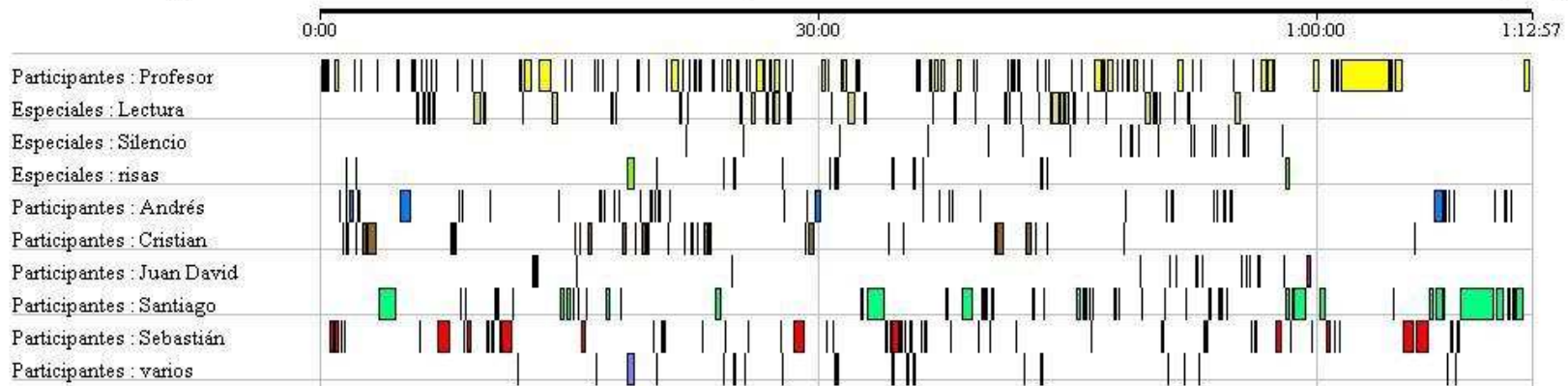


Figura 18. Mapa de interacciones en la sesión 9 (2012)



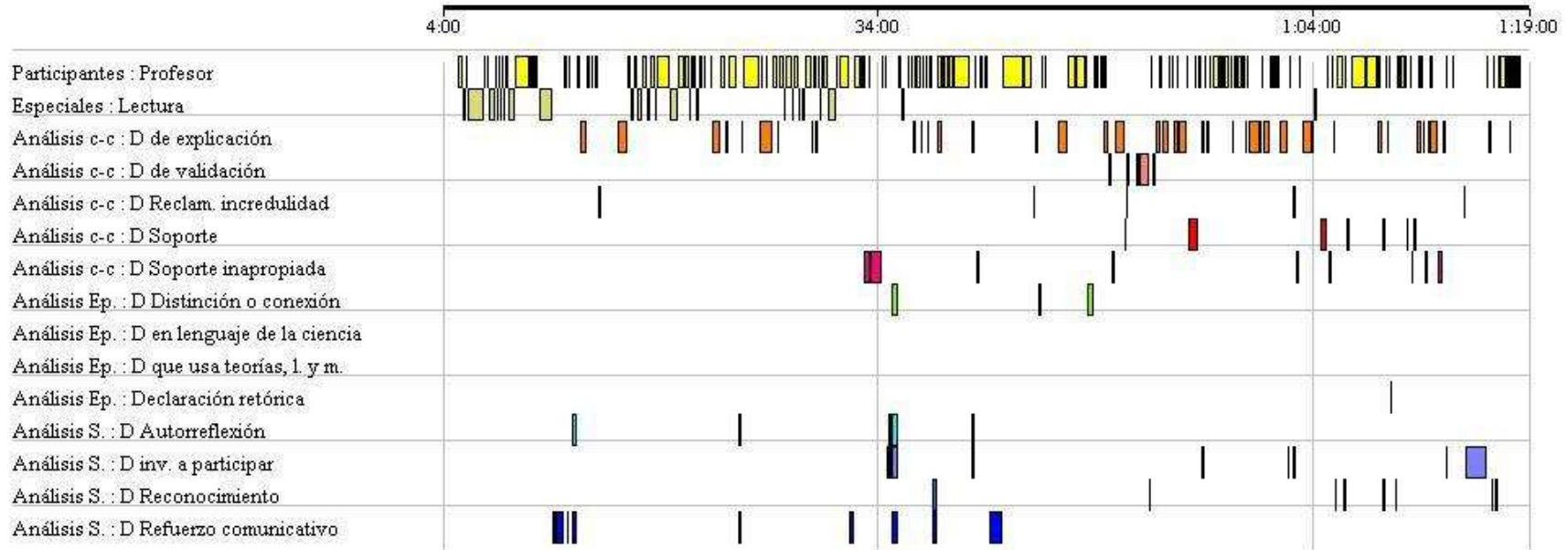


Figura 24. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 3b (2010)

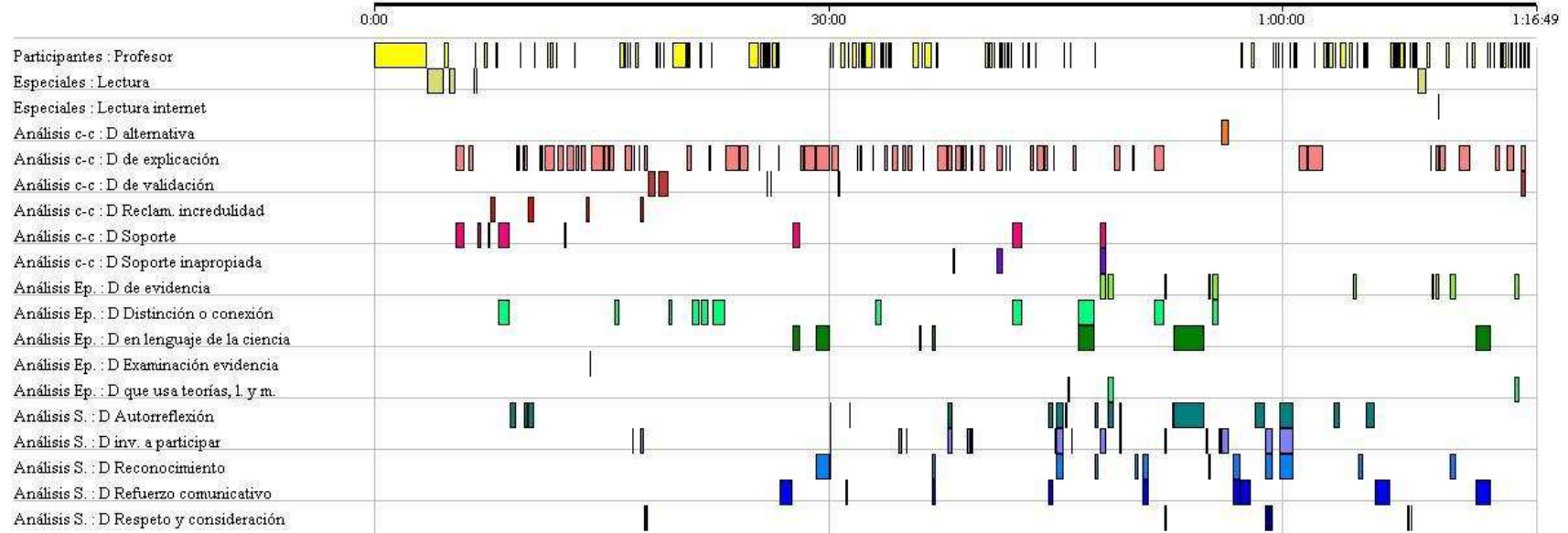


Figura 25. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 4 (2012)

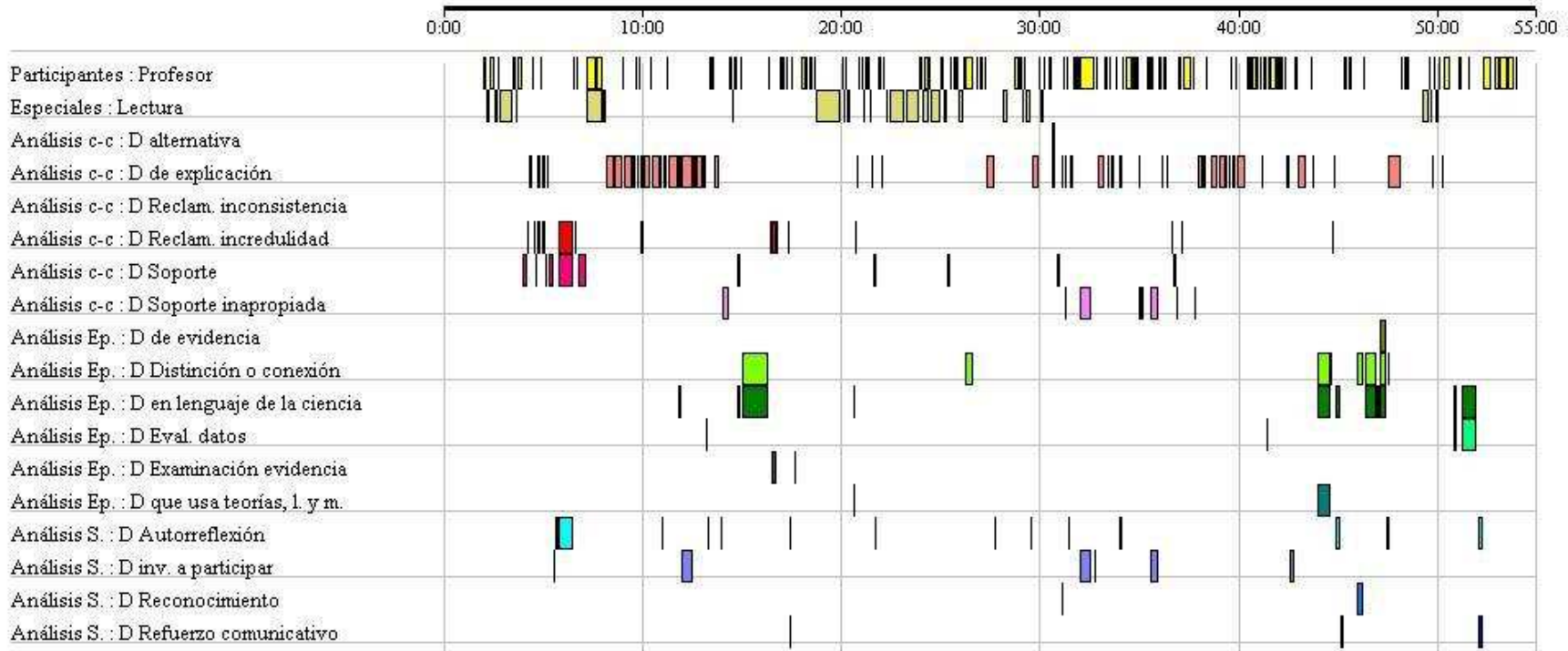


Figura 26. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 7 (2012)

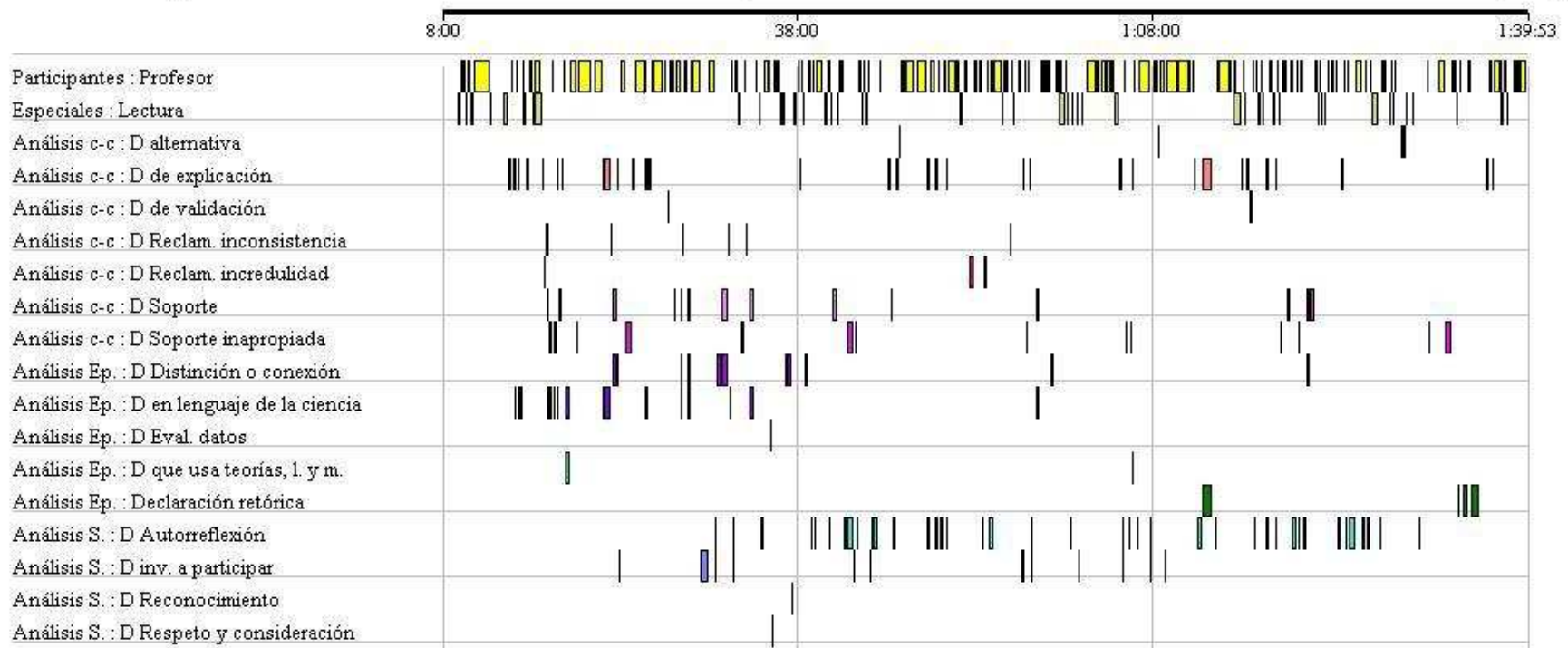


Figura 27. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 8 (2012)

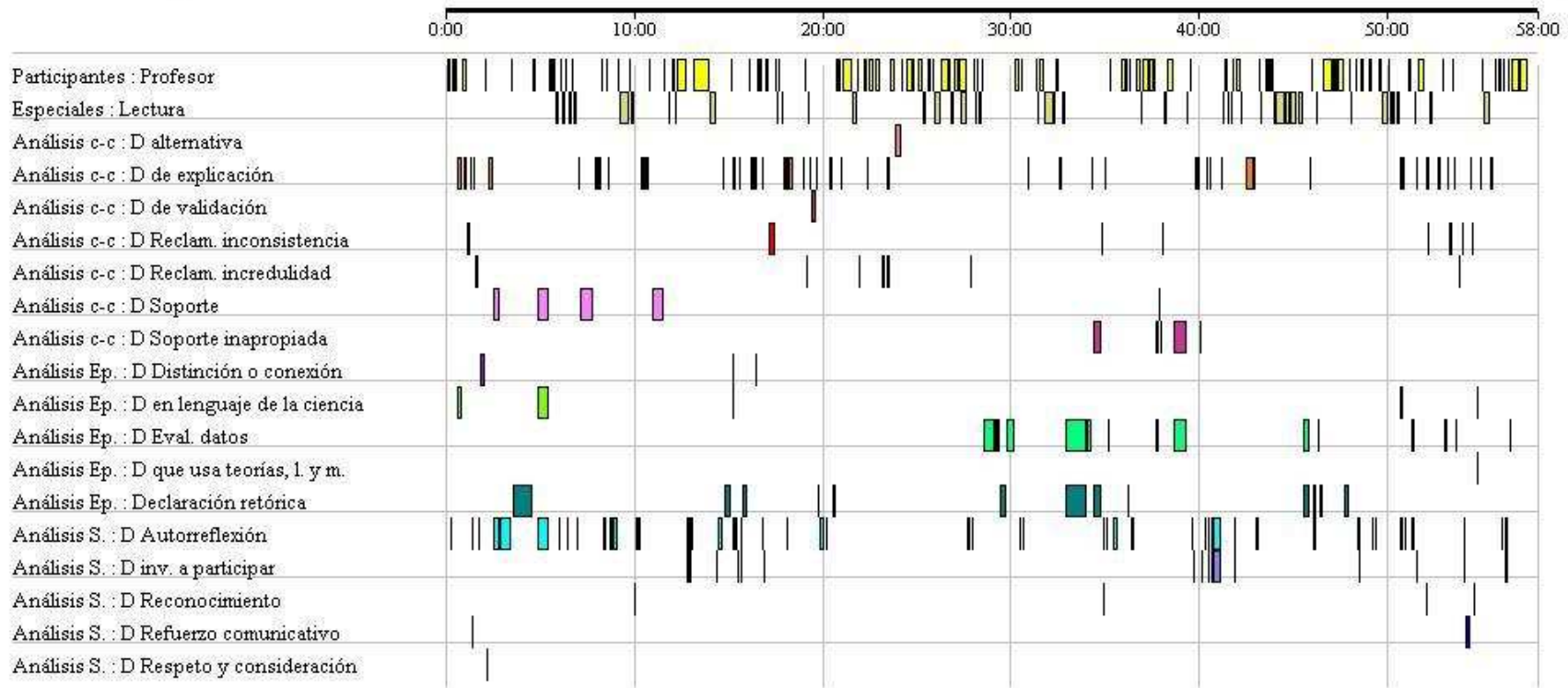


Figura 28. Elementos del proceso argumentativo identificados en las declaraciones de la sesión 9 (2012)

Serie: Semillero 2010\_1

Episodio: Sesión 3b

Archivo: sesion 3b.mp3

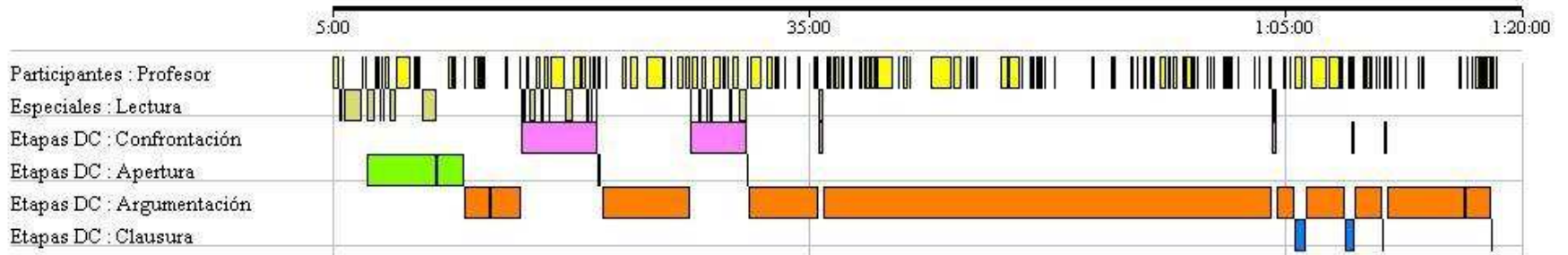


Figura 34. Etapas de la discusión crítica en la sesión 3b (2010)

Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 4

Archivo: 120305\_001.mp3

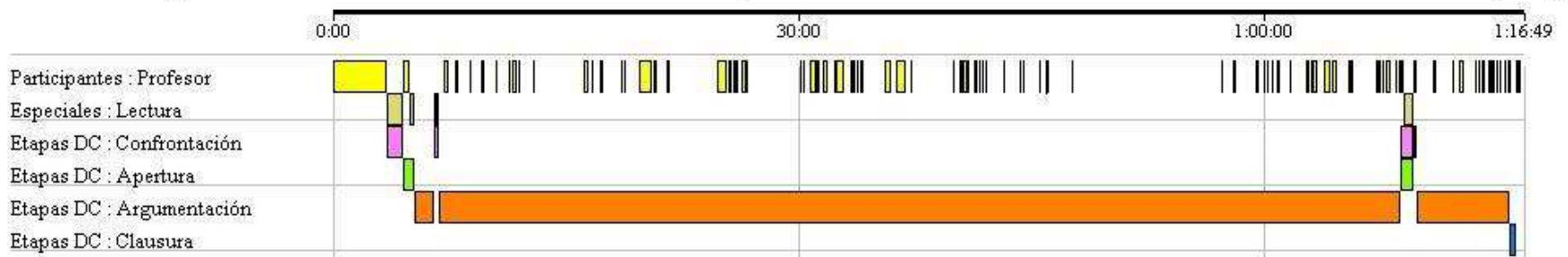


Figura 35. Etapas de la discusión en la sesión 4 (2012)



Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 7

Archivo: 120409\_001.mp3

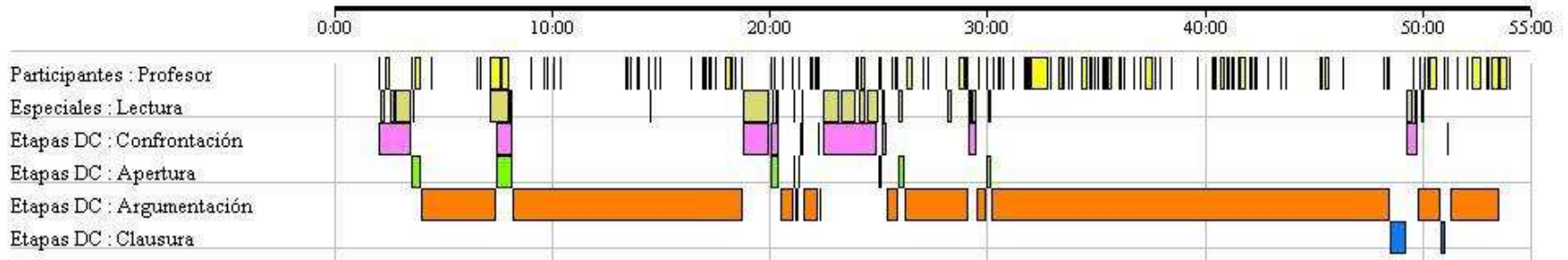


Figura 36. Etapas de la discusión crítica en la sesión 7 (2012)

Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 8

Archivo: 120416\_001.mp3

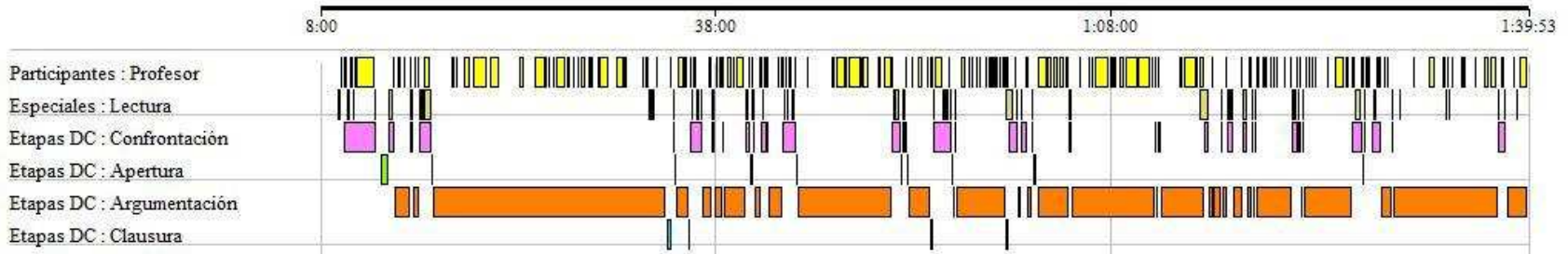


Figura 37. Etapas de la discusión crítica en la sesión 8 (2012)

Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 9

Archivo: 120423\_002.mp3

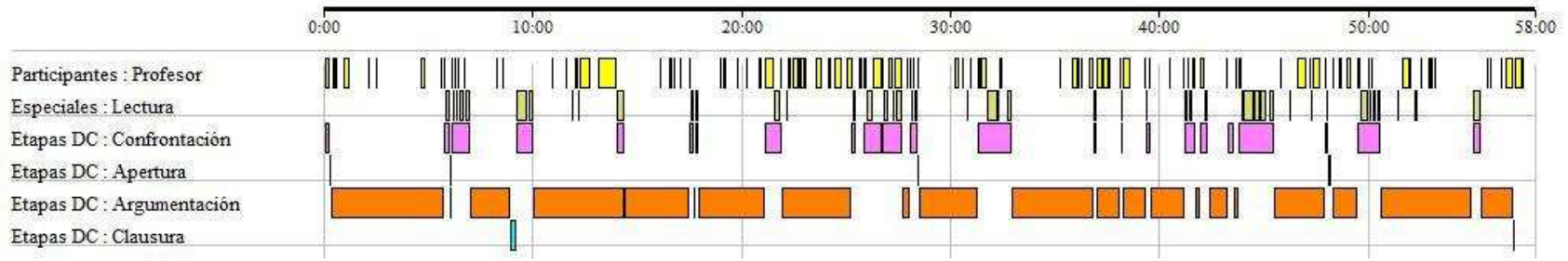


Figura 38. Etapas de la discusión crítica en la sesión 9 (2012)

Serie: Semillero 2010\_1

Episodio: Sesión 3b

Archivo: sesion3b.mp3

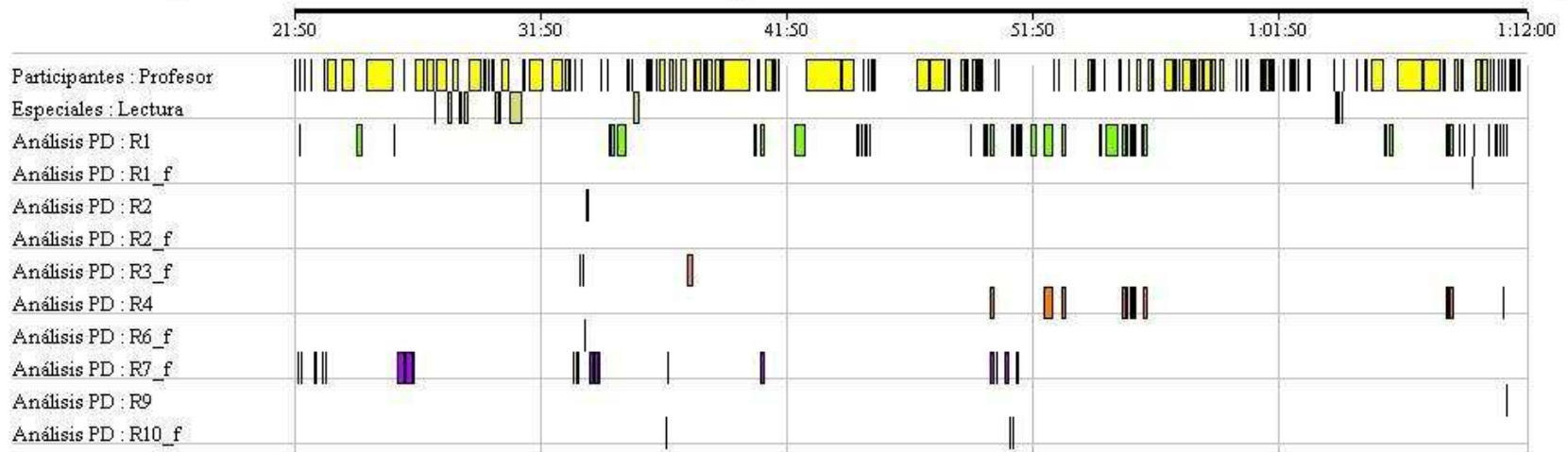


Figura 39. Marcadores en la sesión 3b (2010) según las reglas de la Pragma-dialéctica



Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 4

Archivo: 120305\_001.mp3

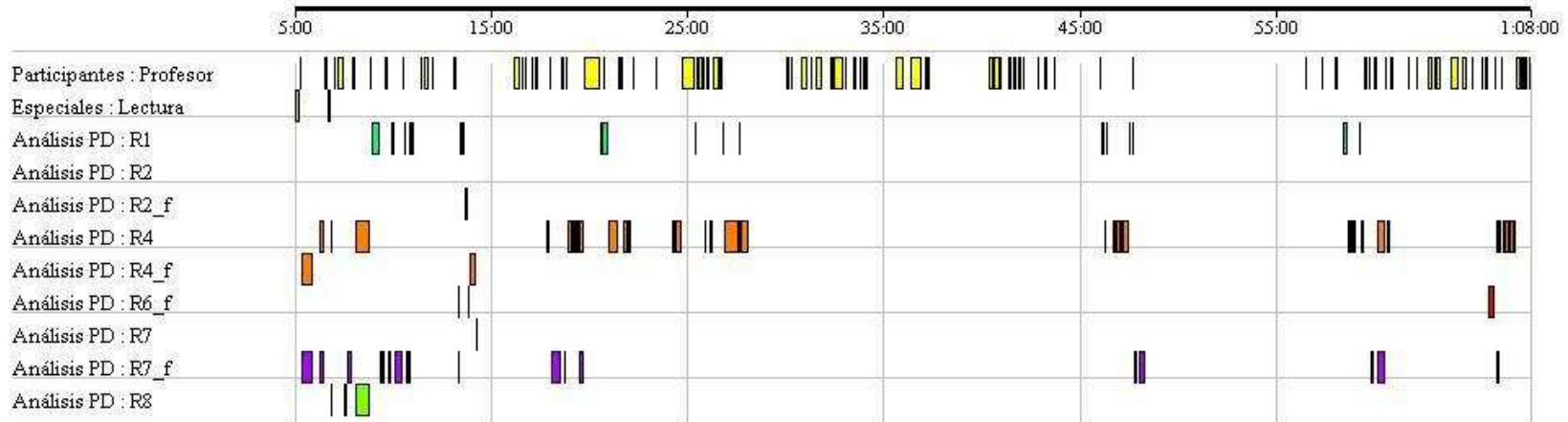


Figura 40. Marcadores en la sesión 4 (2012) según las reglas de la Pragma-dialéctica

Serie: Semillero 2012\_1

Episodio: Sesión 7

Archivo: 120409\_001.mp3

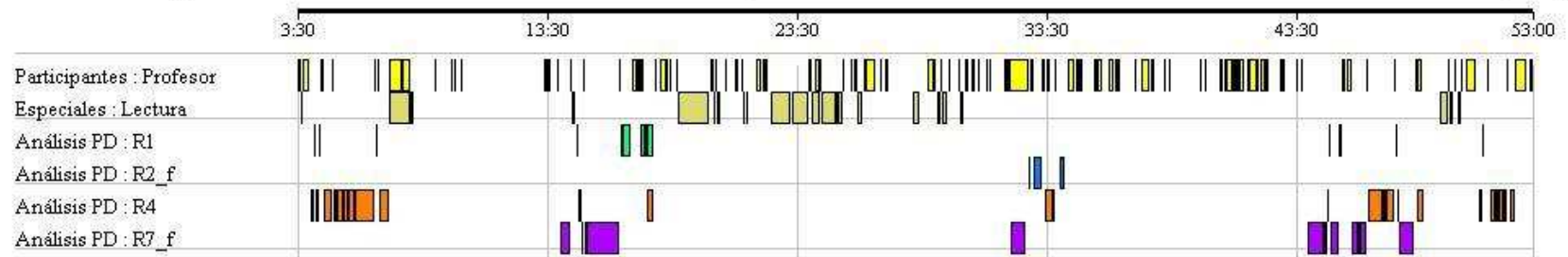


Figura 41. Marcadores en la sesión 7 (2012) según las reglas de la Pragma-dialéctica

Serie: Semillero 2010\_1

Episodio: Sesión 3b

Archivo: sesion3b.mp3

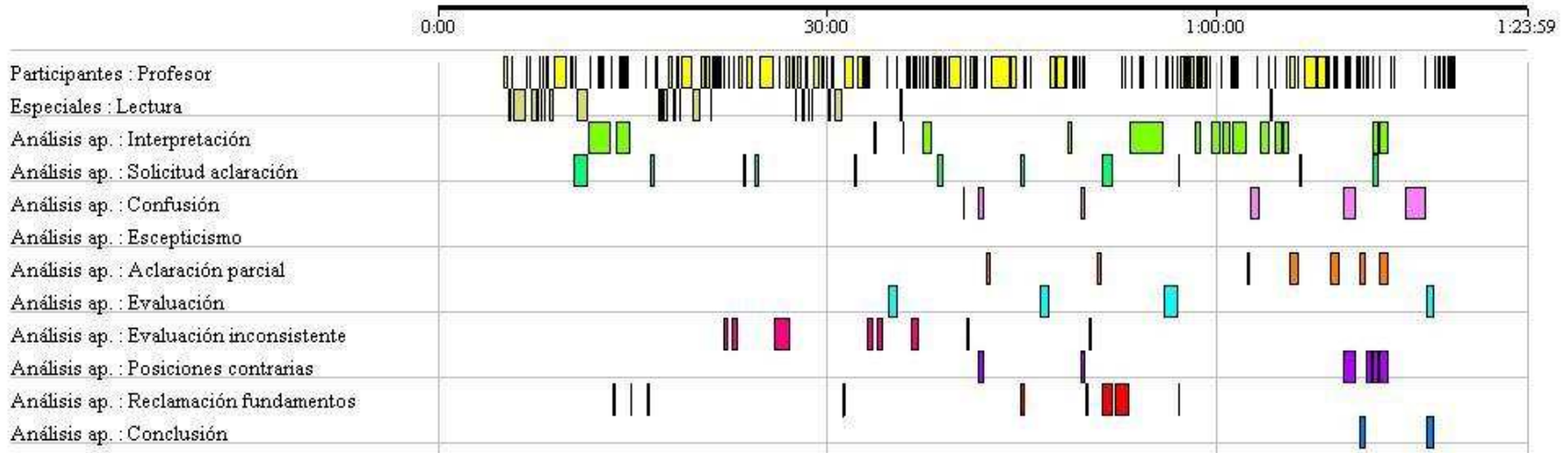


Figura 42. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 3b (2010)

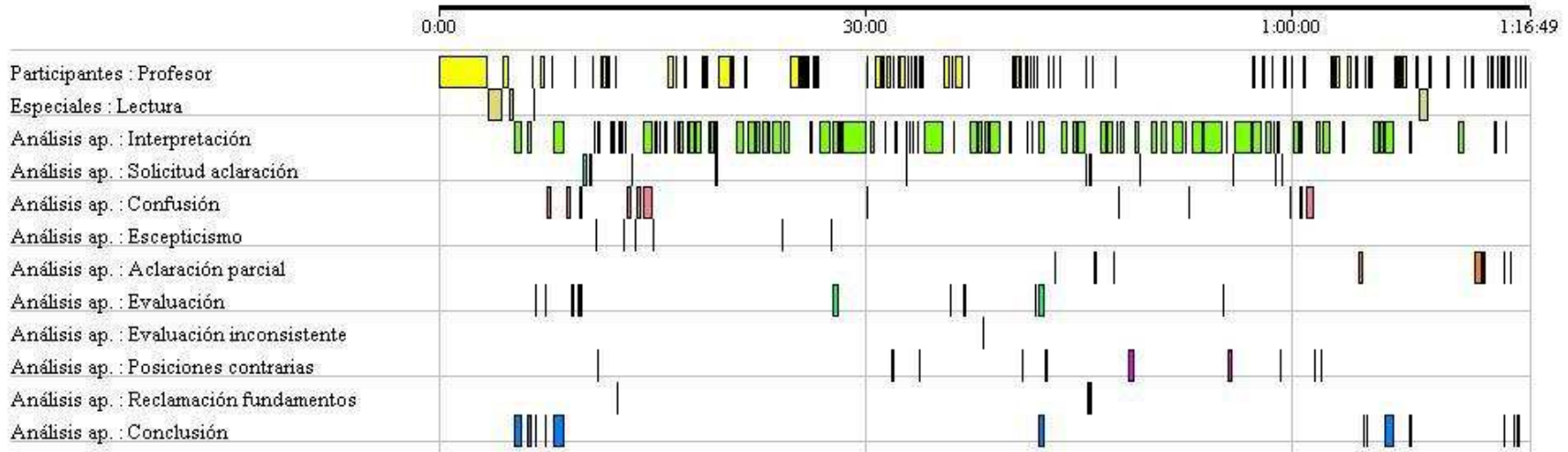


Figura 43. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 4 (2012)

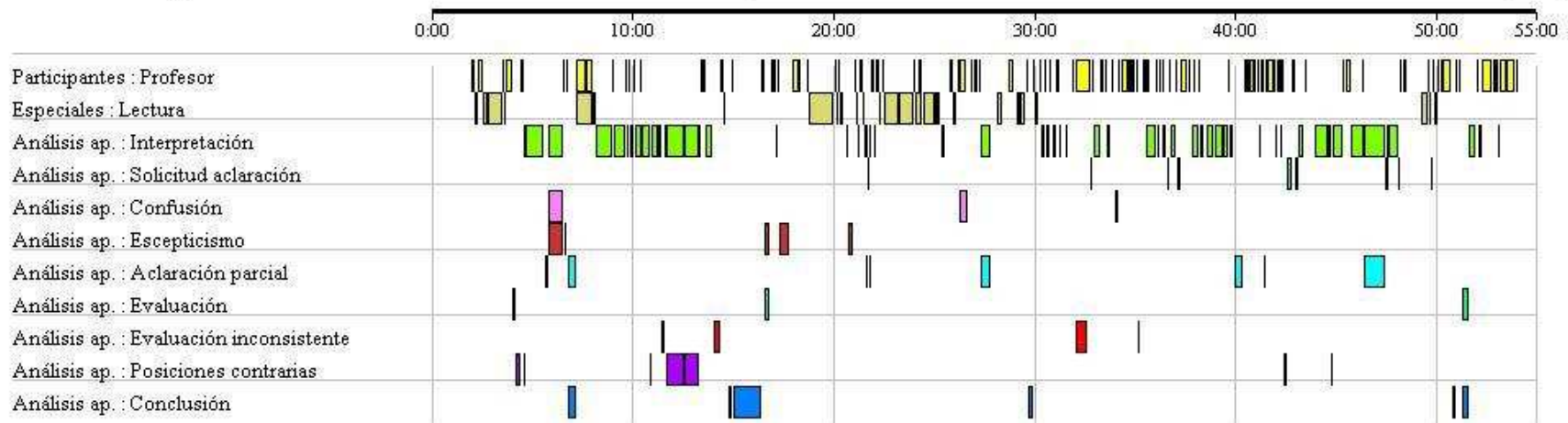


Figura 44. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 7 (2012)

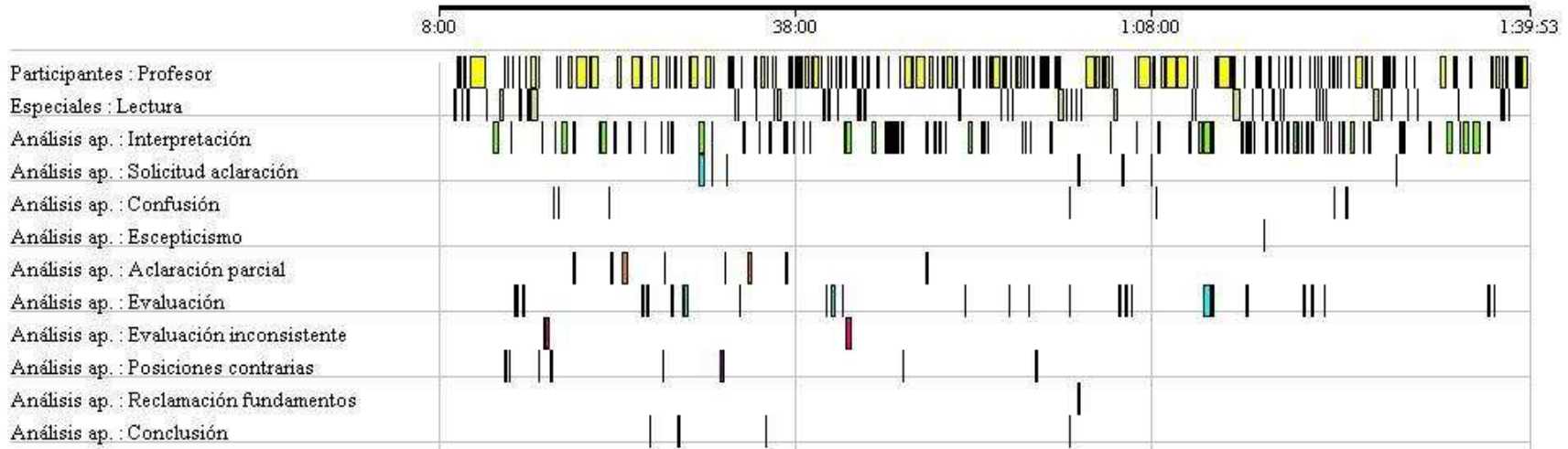


Figura 45. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 8 (2012)

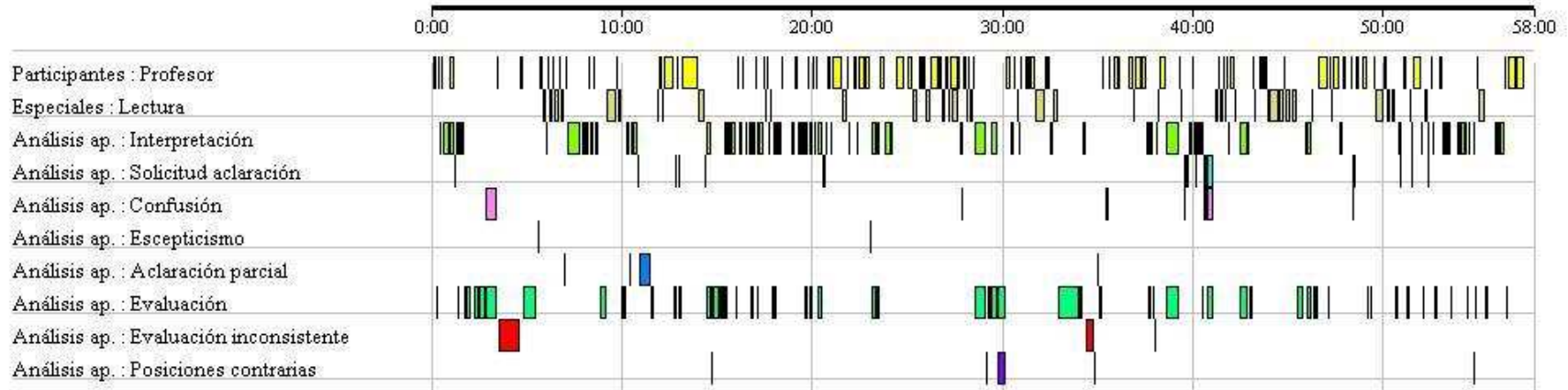


Figura 46. Actos del proceso de aprendizaje en la sesión 9 (2012)