

# **Aprendizaje de la hidráulica en estudiantes de ingeniería mediante una interacción argumentativa**

**Juan Fernando Barros Martínez**

Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia, pfjubar@eia.edu.co

## **RESUMEN**

En este artículo se describe la experiencia realizada con un grupo de estudiantes de ingeniería, en la cual se construye conocimiento de la hidráulica partiendo del análisis de situaciones paradójicas que son presentadas a los estudiantes con casos situados en un momento histórico. La intervención muestra cómo generando en el aula un ambiente propicio para el desarrollo de la argumentación, cada estudiante construye el aprendizaje a partir de su conocimiento previo y de la interacción argumentativa con el profesor y los demás compañeros. Se presenta así la argumentación como una alternativa didáctica para la construcción del conocimiento.

**Palabras claves:** estudiantes, hidráulica, aprendizaje, argumentación, diálogo

## **ABSTRACT**

This article describes the experience with groups of engineering students, in which they construct hydraulics knowledge based on the analysis of paradoxical situations that are presented to them with cases situated in a historical situation. The intervention shows how creating a classroom environment appropriate to the development of argumentation, each student learns from her or his prior knowledge and by a dialogical interaction with the teacher and the other classmates. Argumentation is thus presented as an alternative for the construction of science knowledge. The willingness of students and teacher are key in this process and in particular that both parties assume their respective roll, students as producers of knowledge and the teacher as a promoter, guide and counselor.

**Keywords:** students, hydraulics, learning, argumentation, dialog

## **1. INTRODUCCIÓN**

La hidráulica es una de las esferas de actuación del ingeniero civil lo que hace su aprendizaje fundamental en la formación del estudiante de esta profesión. La hidráulica, como campo especializado de la física y de la ingeniería, ha despertado el interés del hombre desde los tiempos más remotos. Tratados desde tiempos de Aristóteles, Arquímedes, Herón, Galileo, Newton, etc., dan cuenta de ello. No obstante, poca de esa historia se encuentra en la mayoría de los actuales libros de texto utilizados en los cursos regulares. Muchas de esas situaciones históricas podrían ser de interés para el estudiante teniendo en cuenta que todavía hoy el ingeniero se encuentra con algunas similares; y conocer las ideas con las que se enfrentaron antiguos personajes, unos más otros menos científicos, le permitiría también al estudiante confrontar sus propias ideas previas. Sin embargo el docente suele preferir lo establecido en los libros de texto y presenta al estudiante situaciones hipotéticas que resuelve en forma deductiva a partir de teorías generalistas. Se ignoran así las vicisitudes históricas como también las ideas previas del estudiante, marcando un solo camino para la construcción del concepto, dando la idea de que es el único posible. En esta ponencia se propone una manera para la enseñanza de la hidráulica mediante una interacción argumentativa en el aula promovida por el docente.

Aunque la argumentación suele asumirse como un acto de persuasión o de justificación de cierto conocimiento, no es solo eso. Si bien la persuasión puede ser una de las funciones de la argumentación, lo son también la búsqueda de claridad, el descubrimiento de ideas nuevas, la resolución de diferencias, etc. (Andrews, 2009). 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 habrá de manifestarse en el momento oportuno. Especialmente el discurso educativo tiende, no a revalorizar al orador, sino a crear cierta disposición en los oyentes, una simple disposición a la acción, por lo cual se le puede relacionar con el pensamiento filosófico (Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1989). Teniendo en cuenta esta visión, resulta la argumentación como un recurso valioso para promover la participación de los estudiantes en el aula, como una forma de interacción de sus ideas y una vía para la construcción del conocimiento.

En las últimas décadas se ha visto incrementada la investigación en el aprendizaje de las ciencias y con ello nuevas propuestas y enfoques han surgido. Hoy 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 reestructurante de las ideas científicas acerca del método, los alcances y las explicaciones; un carácter 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 epistemológico y social, en la que el conocimiento puede ser cambiado, modificado, reestructurado, y en ocasiones abandonado. (Duschl, 2008a)

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 investigación 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; Sardà y Sanmartí, 2000). Andrews (2010) ubica el papel de la argumentación para la educación superior 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 campo 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 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 son los Estados Unidos, el Reino Unido y España. En los Estados Unidos, la American Association for the Advancement of Sciences (AAAS) 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.

## **2. ARGUMENTO Y ARGUMENTACIÓN**

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 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; la argumentación en cambio se refiere a los procesos de construcción de estos elementos (Sampson y Clark, 2008).

Duschl (2008a) propone tres formas de argumentación: la analítica, la dialéctica y la retórica. La analítica se fundamenta en la teoría de la lógica, donde los argumentos tienen esencialmente una procedencia inductiva o deductiva desde una serie de premisas a una conclusión. En la dialéctica, los argumentos ocurren durante una discusión o debate y pueden involucrar razonamientos con premisas que no son evidentemente ciertas, reconociéndose así parte del dominio lógico informal. En la retórica, en cambio, los argumentos son presentados según las técnicas discursivas empleadas para persuadir a una audiencia. En ciencia y en el aula de ciencias, las tres formas argumentales son usadas, pero la dialéctica y la analítica por enfocarse en la evidencia, son más representativas de la argumentación científica (Duschl, 2008a).

Walton (2009) establece la diferencia entre el argumento de la teoría lógica y el de la lógica pragmática (o lógica no formal). 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 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)

## **3. LA ARGUMENTACIÓN PARA LA INGENIERÍA DESDE LA FILOSOFÍA DE LAS CIENCIAS**

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 parte 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 él, la manera en que están organizadas las actividades profesionales mantienen 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 permite esperar 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. Con esta consideración, Toulmin introduce los términos “racionalidad” y “racionabilidad”. Mientras que la racionalidad la identifica con el “método científico”, la lógica formal y la idea de certeza, la “racionabilidad” 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 al defender el desarrollo de la argumentación mediante una lógica no formal es, entonces, 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 por 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 estos profesionales (Toulmin, 2007).

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, 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 que especialmente en los espacios urbanos de Colombia se ha realizado mediante la adopción de las canalizaciones en concreto de los cauces y los cambios de su 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 ha impuesto a los recién llegados (a los estudiantes o ingenieros principiantes) 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 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.

#### **4. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA**

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 las clases 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, quien 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: 1) el papel de los estudiantes; 2) el papel del profesor; 3) el currículo; 4) la valoración; 5) la metacognición; y 6) la comunicación. Todos estos aspectos convergen en el espacio de la evaluación del conocimiento. (Jiménez-Aleixandre, 2008).

Presentamos antes las tres maneras de identificar la argumentación en la clase de ciencias que propone Duschl: la analítica, la dialéctica y la retórica. 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 y B. Latour) revelan que mucha parte de la ciencia involucra esquemas argumentativos dialécticos y retóricos (Duschl, 2008a).

En lo que se refiere a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se ha tomado como fundamento en este proyecto de investigación una perspectiva cultural, para la cual la ciencia se considera una empresa que se construye y evoluciona en el entramado del tejido social (Duschl, 2008b). 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 (2008b) afirma que al revisar en conjunto las investigaciones en el aprendizaje de las ciencias, las investigaciones de los estudios científicos y las investigaciones en educación científica, 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 epistemológicos 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).

Estrechamente 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 (2008) 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 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). Cabe anotar que estos marcos analíticos se han aplicado principalmente en el análisis de producciones escritas más que en el discurso interactivo oral sobre el cual se ha propuesto investigar en este proyecto.

La gran cantidad de propuestas para el análisis de la argumentación en el aula es prueba de la improcedencia en adoptar un marco analítico general para cualquier situación, lo cual indica además la necesidad de más investigaciones empíricas en diversos contextos y disciplinas. La razón principal por la cual se ha propuesto esta investigación en el discurso interactivo oral es que se quiere hacer un seguimiento más cercano al proceso de aprendizaje, esto es, al proceso de la construcción de conocimiento, que se pretende mediante la exploración de la producción argumentativa como representación de las ideas internas de los estudiantes. Por supuesto, durante las interacciones es posible utilizar vías de comunicación escrita (gráficos esquemáticos, gráficos relacionales de variables, fórmulas o demostraciones matemáticas) e incluso pruebas demostrativas experimentales, ya que todas estas formas de comunicación pueden estar insertas en la interacción oral (es necesario en ocasiones recurrir a otras formas de comunicación para expresar una idea).

## **5. UNA EXPERIENCIA EN EL AULA**

Para investigar otra manera de abordar el proceso de aprendizaje en las clases de hidráulica, se propuso en el 2010 la conformación de un grupo voluntario de estudiantes de ingeniería civil en la Escuela de Ingeniería de Antioquia (Envigado, Colombia). Durante ese año se llevaron a cabo sesiones semanales de hora y media de duración, en las cuales se analizaron con los estudiantes, situaciones paradójicas de la hidráulica que fueron polémicas en determinados momentos de la historia (p.e. Aristóteles, Arquímedes, Herón, Stevin, Galileo) relacionadas con propiedades de los fluidos y con la hidrostática. Se consideró el aprendizaje como un proceso que se va construyendo mediante una interacción con otros individuos (en una interacción sincrónica) como también a partir del trabajo de otros (en una interacción asincrónica). La primera es la que se realiza en el aula entre los estudiantes con la motivación del docente. La interacción asincrónica, por su parte, es la que se suscita a partir del uso de la historia de las ciencias trayendo al aula casos o situaciones problemáticas que puedan propiciar la participación de los estudiantes dándoles así la oportunidad de reconocer que la construcción de ciencia es un proceso social. La inclusión de este material histórico propicia una primera evaluación por parte del estudiante acerca de las ideas que se le presentan. Para que esta evaluación pueda darse, el estudiante debe primero representar e interpretar esa idea. Esto le incita a involucrarse con la situación; lo que exprese en una primera evaluación espontánea, puede determinar oposición, incredulidad o bien acuerdo. Lo importante es que el estudiante asuma una postura personal. Esa es la base para la argumentación. En el aula podrán presentarse otras posturas diferentes de sus compañeros y esto dará lugar a la interacción. Pueden surgir también solicitudes en las que el estudiante reclama claridad, simplemente para ubicarse en el contexto de la situación. O bien, el mismo estudiante prefiere presentar de nuevo la narración en sus propias palabras como una manera de validar si ha interpretado adecuadamente la información.

Para que la argumentación se desarrolle en el aula, es imprescindible antes que nada, la generación de un ambiente de interacción dialógica que se crea partiendo de las ideas antagónicas presentadas en la narración. Cuando en lugar de ello se pretende hacer una deducción o una demostración partiendo de ciertas premisas o hipótesis, el estudiante puede identificar esta información como si fueran datos o bien fundamentos que se le están entregando y su mayor esfuerzo lo hace para recibir tal información, para interpretarla e incorporarla a su propia representación teniendo en cuenta que esta información de base podrá utilizarla luego en la construcción de su argumento. Si la interacción argumentativa se ha convertido en un proceso común en el aula, aún en estos casos demostrativos el estudiante pudiera intervenir para pedir aclaraciones o bien evidencias de lo que se le está presentando y encontrar justificaciones o incluso refutaciones. Sin embargo, cuando no ha sido motivada la

interacción argumentativa, es posible que la sesión transcurra en un monólogo del docente a la manera de una clase magistral, donde aunque pudiera identificarse un buen argumento no así un proceso de interacción argumentativa.

## 6. METODOLOGÍA

Durante tres semestres se ha llevado a cabo la experiencia con estudiantes del programa de ingeniería civil. En el primer año de la investigación se conformaron grupos de voluntarios que asistieron semanalmente a una sesión de trabajo. Para el segundo año, se realizó el trabajo en un curso regular de mecánica de fluidos manteniéndose adicionalmente un grupo pequeño de voluntarios. Los grupos de voluntarios, 4 en total, estuvieron conformados de diferente manera. Dos de ellos se conformaron con 3 a 4 estudiantes de segundo año y los otros dos con 4 a 8 estudiantes de segundo y tercer año. Quiere decir que en todos los grupos hubo estudiantes que se aproximaban por primera vez al estudio de la hidráulica y que en dos de ellos participaron estudiantes que estaban o habían cursado asignaturas en las que habían desarrollado temas relacionados con la hidráulica. En cuanto al grupo del curso regular de mecánica de fluidos, este estuvo conformado por 22 estudiantes de tercer año (de estos 22, tres de ellos hicieron parte de los grupos voluntarios).

Para el trabajo con los voluntarios se eligieron situaciones de la hidráulica que tenían estrecha relación con el programa curricular, lo que permitió presentarlos también en el curso regular. Se trata de casos relacionados con la estática de los fluidos, que involucran conceptos como los de presión, tensión superficial, fuerzas, etc. El proceso se inicia con la lectura de una narración histórica de determinada situación en la cual se presentan posiciones contrarias entre los sujetos o interpretaciones diferentes que intentan explicarla. Un ejemplo de ello es la lucha entre los peripatéticos y Galileo, o las concepciones erradas de los contemporáneos de Stevin en relación con la fuerza del agua sobre una compuerta. Luego de la lectura se inicia la interacción argumentativa con los estudiantes partiendo de su primera interpretación de la situación. Así se promueve el hablar ciencia mediante la construcción de un camino que recoge hipótesis, explicaciones, dudas, preguntas, contradicciones, refutaciones, teorías, analogías, comparaciones, etc.

Es importante aclarar que en relación con la argumentación, los estudiantes no han recibido ninguna instrucción en particular, esto es, la argumentación se promueve en un ejercicio espontáneo con toda libertad de participar en cualquier momento, sea para responder una pregunta suelta, para pedir una aclaración, para introducir una aportación, para presentar una apreciación diferente a la de un compañero, etc. Esto hace parte de la construcción del ambiente y marca pautas definitivas en el desarrollo del proceso. Otro aspecto importante es la actitud del docente. Este se presenta en el aula como un orientador y un soporte para el proceso. Asume una actitud de sorpresa ante cada intervención de los estudiantes, se interesa por conocer los conceptos de estos y no intenta imponer ninguna idea propia. Responde con sinceridad y transparencia las preguntas y permite que se tomen nuevas direcciones si así lo indican las intervenciones, sin dejar a un lado el propósito principal del ejercicio, que es la construcción del aprendizaje que permita responder satisfactoriamente con una solución a la situación planteada.

En cada sesión se verifica la producción de conocimiento por parte del estudiante. Al terminar la sesión se identifican las conclusiones. Existe una diferencia muy marcada con las clases de corte deductivo en las cuales el docente no necesita conocer el conocimiento previo del estudiante porque lo asume de entrada (casi como una hipótesis).

Resulta entonces la pregunta: ¿cómo teniendo en cuenta los espacios conceptual-cognitivo, epistemológico y social, se puede contribuir desde el ejercicio de la argumentación en el aula al establecimiento de mejores condiciones para el aprendizaje de las ciencias? Basado en el marco teórico de estos tres espacios planteados por Duschl (2008b), Enderle et al. (2010) proponen un protocolo de observación (*Assesment of Scientific Argumentation in the Classroom –ASAC-*) como una herramienta para la evaluación de la argumentación incluso en contextos *in situ* como es el caso de esta propuesta de investigación. Este protocolo agrupa 19 ítems a través de los cuales se revisa el proceso interactivo llevado a cabo por el grupo de estudiantes en el aula durante la actividad centrada en la argumentación, permitiendo caracterizar tanto al grupo como a los estudiantes de manera individual

constituyéndose a la vez en una guía para el mejoramiento del proceso argumentativo. Con apoyo en este protocolo se puede entonces atender otra pregunta general: ¿cuáles son las características del desempeño argumentativo de los estudiantes y qué evolución experimenta tal desempeño a lo largo de las prácticas? Por ejemplo ¿cómo se involucran los estudiantes en las explicaciones?, ¿usan ideas alternativas durante las explicaciones?, ¿descubren inconsistencias o información inadecuada durante el diálogo?, ¿muestran escepticismo o aceptan cualquier tipo de opinión sin contradecirla?, ¿cómo justifican sus ideas?, ¿cómo examinan las explicaciones?, ¿qué clase de fundamentos, datos, teorías utilizan?, ¿hacen uso de un lenguaje propio de las ciencias?, ¿son reflexivos en lo que dicen?, ¿dan muestras de saber cómo saben lo que saben?, ¿son respetuosos con sus compañeros durante las interacciones?, ¿promueven entre ellos la participación?, ¿presentan ellos mismos conclusiones?, ¿qué significa para ellos en cuanto al aprendizaje el ejercicio argumentativo teniendo en cuenta que no ha sido una práctica usual en el aula? Durante esta propuesta de investigación se revisarán estas cuestiones y otras más que puedan surgir y que se consideren pertinentes para responder la pregunta general que abre un amplio espectro para el ejercicio argumentativo.

La investigación se ha orientado desde una perspectiva cualitativa descriptiva interpretativa. La idea ha sido llegar al sentido del ejercicio de características sociales que en este caso se desarrolla en el aula. Se tienen en cuenta los significados que los participantes muestran por cada situación los cuales son interpretados según se manifiesten en el contexto de la interacción entre ellos (Álvarez, 2008). 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 ha establecido una relación de respeto y honestidad con todos los participantes en un espacio propicio para la actividad de tipo educativo que ha sido desarrollada. En ese mismo sentido los participantes han recibido toda la información acerca de las características de la actividad en la que han estado inmersos, los objetivos de la investigación, y el carácter voluntario aunque comprometido que se espera de su participación. (Galeano, 2009)

Como métodos cualitativos se han considerado el interaccionismo simbólico mediante la observación participativa y el estudio de casos; los grupos focales mediante la interacción discursiva y la contrastación de opiniones de los participantes; el método hermenéutico mediante la entrevista semiestructurada; y el análisis del contenido. (Martínez, 2006)

Especialmente en el análisis del discurso de las interacciones se ha seguido con especial cuidado las herramientas para el análisis propuestas por Pomerantz y Fehr (1997): 1) la selección de la secuencia; 2) la caracterización de las acciones dentro de la secuencia; 3) la consideración del modo en el que el empaquetamiento de las acciones por parte de los hablantes facilitan ciertas interpretaciones de las acciones realizadas y de los temas de los que se habla; 4) la consideración de la manera en que los tiempos y la toma de turnos facilitan ciertas interpretaciones de las acciones y de los temas de los que se habla; y 5) de qué forma el modo de realizar las acciones implica determinadas identidades, roles y relaciones para los interactuantes.

Tanto las sesiones en el aula como las reuniones de grupo focal y las entrevistas semiestructuradas han sido grabadas con cámara de video y equipo de audio. Las sesiones son transcritas mediante el Dragon Naturally Speaking, y las grabaciones y las transcripciones se integran para su codificación y análisis en el programa Transana, desarrollado en el Center for Education Research de la University of Wisconsin-Madison.

## **7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Esta primera etapa exploratoria ha demostrado que es posible generar en el aula un ambiente propicio para la interacción argumentativa para el aprendizaje de la hidráulica de estudiantes de ingeniería. La disposición de estudiantes y del docente son claves en este proceso y en especial el que ambas partes asuman su respectivo papel, los estudiantes como productores de conocimiento y el docente como promotor, guía y orientador.



La experiencia realizada con los grupos confirma que el discurso argumentativo de los estudiantes, para promover el pensamiento crítico y el razonamiento, se beneficia más con el énfasis inicial en el diálogo lógico no formal encontrado en los contextos dialécticos que con un énfasis en esquemas argumentales inductivos y deductivos (Dusch, 2008a). Téngase en cuenta que el desarrollo del aprendizaje en este ejercicio ha hecho uso del conocimiento previo del estudiante. En general en los cursos regulares el docente no parte de este conocimiento sino que sitúa al estudiante en un procedimiento lógico inductivo y deductivo donde el estudiante no participa más que con la comprensión (o no) del planteamiento desarrollado por aquel. En la experiencia de este ejercicio argumentativo con los grupos se parte por el contrario del conocimiento del estudiante que va marcando la ruta del proceso. Al final se logra la comprensión de la situación y se establecen conclusiones, incluso generales, a la manera de normas o formulaciones que usualmente solo son logradas por medio del desarrollo de procesos exclusivamente matemáticos que son los que ofrecen los libros de texto. Tal como plantea Duschl (2008a), 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) revelan que mucha parte de la ciencia involucra esquemas argumentativos dialécticos y retóricos (Duschl, 2008a).

## REFERENCIAS

- Álvarez, Guadalupe (2008). Análisis del discurso del aula desde el enfoque comunicativo-interactivo de la argumentación. *Forma y Función*, No 21, p13-34
- Adam, Jean-Michel (1995). Hacia una definición de la secuencia argumentativa. *Comunicación Lenguaje y Educación*, 25, p9-22
- 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
- Caamaño, Aureli (2010). Argumentar en ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n63, p5-10
- Carrillo Guerrero, Lázaro (2007). Argumentación y Argumento. *Revista Signa* 16
- Duschl, Richard A. (2008a). 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. (2008b). 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
- 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
- Galeano M., María Eumelia (2009). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín, Colombia
- 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
- 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
- Martínez Mígueles, Miguel (2006). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. Editorial Trillas. México
- 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.
- Perelman, Chaïm y Olbrechts-Tyteca, Lucy (1989). *Tratado de la argumentación. La nueva retórica*. Ed. Gredos, Madrid
- Pomerantz, Anita y Fehr, B.J. (1997). Análisis de la conversación: enfoque del estudio de la acción social como prácticas de producción de sentido. En: Teun A. Van Dijk (compilador) (2005). *El discurso como interacción social. Estudios sobre el discurso II. Una introducción multidisciplinaria*. Editorial Gedisa.
- Sampson, Victor; Clark, Douglas B. (2008). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. *Science Education*, v92 n3, p447-472
- 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
- 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
- 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
- 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 (2007). Reseña. Stephen Toulmin. *Los usos de la argumentación*. Praxis Filosófica. No. 25
- Walton, Douglas (2009). *Informal Logic. A pragmatic approach*. Cambridge. New York
- 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.

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.*