

**LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS: UN CONTEXTO PARA EXPLORAR LA COMPETENCIA ARGUMENTATIVA EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA****QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS: UM CONTEXTO PARA EXPLORAR A COMPETÊNCIA ARGUMENTATIVA EM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO****THE QUALITY OF RIVER WATER: A CONTEXT TO EXPLORE ARGUMENTATIVE COMPETENCE IN HIGH SCHOOL STUDENTS**

*Linda Dayana Ramírez Acosta<sup>1</sup>, Tatiana Iveth Salazar-López<sup>2</sup>*

**Resumen**

Revisamos las producciones escritas de estudiantes al interactuar con un contexto argumentativo con el propósito de identificar el reconocimiento, interpretación y uso de datos para elaborar un argumento. Se analizó la información en un sistema de categorías compuesto por ocho dimensiones. Los resultados indican que las dimensiones fuentes de datos y relación de variables presentan barreras debidas a la lectura e interpretación de tablas y gráficos. Respecto a la dimensión Incorporación de datos al elaborar un argumento, los estudiantes apelan a los relatos de los habitantes aledaños como evidencia, en comparación del uso de datos asociados a valores numéricos. Es necesario trabajar previamente otras habilidades como la interpretación y uso de datos para lograr la construcción de argumentos más robustos.

**Palabras clave:** Argumentación; Uso de datos; Datos de segunda mano; Calidad del agua, Educación Ambiental

**Resumo**

Revisamos as produções escritas de estudantes ao interagir com um contexto argumentativo com o objetivo de identificar o reconhecimento, a interpretação e o uso de dados para elaborar um argumento. As informações foram analisadas em um sistema de categorias composto por oito dimensões. Os resultados indicam que as dimensões Fontes de Dados e Relação de Variáveis apresentam barreiras devido à leitura e interpretação de tabelas e gráficos. Em relação à dimensão Incorporação de Dados na elaboração de um argumento, os alunos recorrem às histórias dos habitantes do entorno como evidência, em comparação com o uso de dados associados a valores numéricos. É necessário trabalhar previamente outras habilidades como a interpretação e o uso de dados para alcançar a construção de argumentos mais robustos.

**Palavras-chave:** Argumentação; Uso de dados; Dados de segunda mão; Qualidade da água, Educação ambiental

---

<sup>1</sup> Licenciada en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental - Universidad del Valle - Colombia. Profesora de ciencias naturales en educación básica secundaria - Colegio CREAD - Colombia. **E-mail:** [lindaramirezacosta@gmail.com](mailto:lindaramirezacosta@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Educação para à Ciência - Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) Bauru, SP - Brasil. Docente investigadora del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Industrial (CINVESTAV) Unidad Monterrey, México. **E-mail:** [tatiana\\_salazar@cinvestav.mx](mailto:tatiana_salazar@cinvestav.mx)



**Abstract**

We review the written productions of students when interacting with an argumentative context with the purpose of identifying the recognition, interpretation, and use of data to elaborate an argument. The information was analyzed in a category system composed of 8 dimensions. The results indicate that the dimensions Data Sources and Relationship of Variables present barriers due to the reading and interpretation of charts and graphs. Regarding the Incorporation of Data dimension when elaborating an argument, the students appeal to the stories of the surrounding inhabitants as evidence, in comparison to the use of data associated with numerical values. It is necessary to previously work on other skills such as the interpretation and use of data to achieve the construction of more robust arguments.

**Keywords:** Argumentation; Data Usage; Second hand data; Water quality, Environmental education

\*\*\*

## 1 Introducción

Pensar en enfoques en educación en ciencias que favorezcan la formación de ciudadanos capaces de apropiarse de manera crítica el conocimiento científico se ha convertido en un reto para los profesores. En este sentido, su finalidad no es tanto la de transmitir información sino enseñar a los estudiantes a utilizarla, y especialmente, a explicitar sus ideas, a contrastar e interpretar las expresadas por los demás favoreciendo su desarrollo (SANMARTÍ et al., 1999). Sin embargo, en el aula se tiende a presentar las ciencias como un cuerpo de conocimientos verídico e indiscutible, en el que se desconoce el papel de la incertidumbre, la discusión y el uso de pruebas y datos en la construcción del conocimiento (SANMARTÍ, 2009).

Por ello, consideramos importante generar espacios de enseñanza que favorezcan el desarrollo de competencias científicas como la argumentación. En la ciencia escolar la argumentación científica, incluida en las competencias cognitivo-lingüísticas, no pretende que los estudiantes construyan nuevas explicaciones teóricas, sino que sean capaces de explorar situaciones cotidianas para elaborar razones y persuadir a otros, a partir de la utilización e interpretación de datos que sustenten sus afirmaciones. Para Osborne et al., (2016) argumentar científicamente es un proceso complejo que involucra la capacidad de recordar información apropiada y construir una relación justificada entre ésta y la conclusión que se busca establecer. En consecuencia, su dominio favorece la co-construcción de comprensiones colectivas y el posicionamiento crítico e informado frente a cuestiones cotidianas en que la ciencia y la tecnología tienen lugar mediante la interacción dialógica y la comunicación que se estimule en el aula (TAMAYO, 2012). Lo anterior, según Revel et al., (2021) posibilita vislumbrar la naturaleza profunda de la actividad científica, motivo por el cual es ineludible en una educación científica de calidad.

No obstante, la literatura ha revelado que al argumentar los estudiantes presentan dificultad para identificar e interpretar datos, formular justificaciones y elaborar contraargumentos (GONZÁLEZ et al., 2013) Por ello, resulta relevante explorar en los estudiantes su competencia argumentativa previo a la aplicación de una secuencia didáctica dirigida a promover su dominio, con la finalidad de valorar el estado inicial de los escolares reconociendo las limitaciones y logros que presentan posibilitando el desarrollo de actividades más atinadas a su promoción.



En ese orden de ideas, nos planteamos como propósito analizar el reconocimiento, interpretación y uso de datos provenientes de un contexto argumentativo que hace un grupo de estudiantes de secundaria, al elaborar un argumento sobre la contaminación de los ríos de su ciudad. Lo anterior, en el marco de una actividad de exploración de conocimientos previos.

## 2 La argumentación científica y los datos

El uso extendido de la argumentación en diversos contextos podría sugerir que ésta es dominada por los ciudadanos. Sin embargo, al situarnos en un contexto científico la argumentación comienza a diferenciarse y por ende a caracterizarse, diferencias que no necesariamente son conocidas por un público amplio (GROOMS et al., 2018). Al respecto, Manz (2015) informa que la comunidad científica al construir el conocimiento científico produce un discurso argumentativo que está dotado de normas y compromisos epistemológicos que caracterizan a tal comunidad. De acuerdo con Duschl (2007) algunos de los criterios que son valorados por las comunidades científicas al momento de argumentar son: utilizar evidencia para sustentar las aseveraciones que se presentan en un argumento y en este punto es importante la calidad y suficiencia de ésta, la transformación de los datos en evidencia y la consistencia entre el análisis de los datos y el conocimiento científico actual.

De modo que, los datos que eventualmente serán considerados como evidencia, que sustenta la conclusión que se establece en el argumento son un componente central de la argumentación. Para Jiménez (2010) un rasgo central del trabajo científico es la evaluación del conocimiento científico con base en evidencia/pruebas<sup>3</sup> (empíricas o teóricas) y esta idea es clave para definir la argumentación científica, por tanto, argumentar en el campo de las ciencias es evaluar enunciados que están justificados en evidencia/pruebas.

Dada la importancia del componente evidencia/pruebas (que parte del dato) en el argumento, encontramos trabajos que han centrado su atención en el estudio de la interpretación de datos por parte de los estudiantes. Hug y McNeill (2008), reportan cuatro barreras en el momento que los estudiantes están trabajando con datos, que requieren analizarlos y tomar decisiones sobre cuáles utilizar como evidencia. 1. *Datos como pruebas*, comunican que los estudiantes suelen no realizar una selección adecuada de los datos para sustentar sus afirmaciones, indican que ellos dan mayor peso a sus experiencias intuitivas como evidencia en lugar de datos científicos. 2. *Identificar patrones o tendencias en los datos*, la limitación en lograr identificar las tendencias en los datos está vinculada con la dificultad de realizar una lectura de los gráficos que permita comprender lo que informan, el tipo de gráfico que se presenta también puede representar desafíos para la comprensión de los estudiantes y la comprensión del contenido implicado en el gráfico. Todos estos factores influyen en la interpretación correcta de los datos que se presentan en tablas y gráficos. 3. *Uso de experiencias personales para explicar los datos*, durante el proceso de comprensión de los fenómenos

---

<sup>3</sup> En su texto Jiménez utiliza el concepto de prueba dado que en castellano la palabra evidencia tiene el sentido de que es algo que no necesita ser probado (p. 55). Esta idea es contraria a lo que busca al desarrollar sus ideas sobre la competencia de la argumentación.

científicos los estudiantes recurren a sus experiencias personales, propiciando que la esfera cotidiana y científica entren en contacto, se realice una negociación sobre los aportes de cada una y se extraigan recursos de conocimiento que pueden usarse para desarrollar una comprensión sobre los conceptos y prácticas de las ciencias. Los efectos de esta articulación se reportan en algunas investigaciones como positivos y en otras como negativos. 4. *Conclusiones de la evidencia*, esta barrera se refiere a que los estudiantes tienen la tendencia a realizar aseveraciones sin una justificación adecuada, dado que no incorporan respaldo para sustentar, o con muy baja frecuencia se incluyen datos específicos y suelen dar mayor peso a sus puntos de vista personal para establecer la conclusión. La investigación sobre este punto reporta que la comprensión sobre la evidencia y el conocimiento científico influyen en la capacidad de los estudiantes para analizar datos.

En función de estas barreras este estudio busca realizar interpretaciones sobre el uso e interpretación de datos que hace un grupo de estudiantes de secundaria. Los datos provenían de un contexto argumentativo sobre la calidad del agua de los ríos de la ciudad. De acuerdo con Hug y McNeill (2008), correspondían a datos de segunda mano/teóricos, es decir, producidos por otros, localizados en investigaciones reales que se reportan en artículos de investigación u otros géneros discursivos como el periódico y demás medios que comunican ideas científicas. Consideramos que algunos beneficios de trabajar con datos de segunda mano son: tener una base común de información en el grupo de estudiantes que facilita la interacción y con ello el intercambio de ideas para construir una comprensión al respecto; el avance hacia el trabajo con datos de primera mano/empíricos dado que estudiar la producción de otros plantea un modelo sobre cómo organizar y representar datos, generando más herramientas para recopilar y organizar sus propios datos; también son un andamio en la evaluación e interpretación de información científica que se comunica en diversos canales como libros, publicaciones periódicas entre otros.

### 3 Metodología

El estudio que presentamos en este artículo se ubica en el paradigma de la investigación cualitativa ya que, buscamos realizar interpretaciones que nos permitan comprender cómo un grupo de estudiantes reconoce, interpreta y emplea un conjunto de datos para responder a unas preguntas y finalmente elaborar un argumento en que se esperaba el uso de datos.

#### 3.1 Contexto argumentativo: La calidad de los ríos de la ciudad de Cali

Presentamos a los estudiantes una actividad de exploración con el propósito de analizar el reconocimiento, interpretación y uso de datos al elaborar un argumento acerca de las acciones de los ciudadanos y su relación con los ríos de la ciudad. Para ello, interactuaron con datos de segunda mano/teóricos que brindaban información sobre el índice de calidad del agua (ICA) de seis ríos presentes en la ciudad de Cali, Colombia. Los datos fueron presentados a través de diferentes formatos: texto escrito, tabla, mapa y gráficos de barra.



En el diseño del contexto argumentativo consideramos la importancia de aproximar a los estudiantes al estudio de una problemática socioambiental como escenario estimulante para la práctica argumentativa. Según González y Puig (2017) los problemas ambientales que forman parte de las cuestiones sociocientíficas, consideran situaciones complejas cuyo análisis pone en manifiesto saberes científicos y factores sociales; convirtiéndose en contextos significativos que promueven la transferencia de conocimientos y la reflexión acerca del papel de la ciencia en la sociedad. En este sentido, la consideración de problemas ambientales en el aula promueve la activación de la competencia argumentativa en los estudiantes al interpretar una noticia, sopesar la importancia de los datos/evidencias para emitir juicios justificados y establecer un posicionamiento frente a la situación presentada (CAMPANER Y DE LONGHI, 2007).

La problemática socioambiental local fue la contaminación de los ríos de la ciudad de Cali. Municipio atravesado por siete ríos: Aguacatal, Cali, Cauca, Cañaveralejo, Lili, Meléndez y Pance. Su ubicación geográfica le atribuye un clima caluroso, con temperaturas entre los 18°C a 32°C, que ha generado que los cuerpos de agua se transformen en espacios de esparcimiento, trabajo y uso permanente, llegando a ser parte de las costumbres e identidad cultural que han construido sus habitantes (CHATAZAR et al., 2019). Sin embargo, según Chatazar et al. (2019) los ríos de Cali están afectados, especialmente, en la cantidad y calidad del agua debido a la construcción de vías que ocupan parcial o totalmente el área forestal de los ríos; la minería, los asentamientos humanos establecidos en la rivera de los ríos y el depósito de basura, escombros y otros contaminantes.

De acuerdo con Mesa y Seña (2013) para fomentar la competencia de argumentación científica es necesario establecer la selección de temáticas que sean de interés para los estudiantes. Así, aunque la contaminación de los ríos de Cali concierne a una problemática socioambiental local, se aplicó una actividad introductoria para reconocer la proximidad que tenían los estudiantes con estos cuerpos de agua mediante la recolección de una anécdota y la resolución de una pregunta sobre la relación del río con los seres humanos.

Con esta actividad indagamos acerca de cuáles son los ríos de Cali que conocen los estudiantes, la consigna fue: *Menciona un río de la ciudad que sea de referencia para ti. Elabora un texto en el que describas una experiencia, detallando los recuerdos y sensaciones que llegan a tu mente al pensar en este río.* Los hallazgos nos revelaron que los estudiantes reconocen algunos de los siete ríos presentes en la ciudad. La mayoría mencionó el río Pance. No mencionaron el río Aguacatal, Cali, Cañaveralejo Lili y Meléndez. El río más referenciado por los estudiantes tiene una connotación en la ciudad, pues hace parte de los espacios turísticos, motivo por el cual el río Pance resulta ser uno de los cuerpos de agua más mencionados. Sin embargo, es posible que no hayan indicado los demás debido a las características que poseen, los cuales no coinciden con el imaginario del río como espacio para la recreación, ya que al realizar su trayectoria por la zona urbana se encuentran canalizados, disminuye la presencia de vegetación y visibilidad de las rocas, presentan alta turbidez imposibilitando el acceso a la ciudadanía.

Respecto a la segunda pregunta: *Escribe una lista de las actividades en las que consideres se observa una relación entre el río y el ser humano*. Las respuestas corresponden a experiencias cotidianas que aluden a aspectos que observan o experimentan directamente al visitar el río como *bañarse, comer, divertirse y pescar*. Esto indica que el río es considerado por los estudiantes principalmente como espacio para la recreación y encuentro familiar, seguido de la idea del río como recurso que satisface las necesidades alimentarias.

Atendiendo a este contexto se diseñó la actividad de exploración que presenta un texto de carácter informativo del que se derivan varios interrogantes. Éste comenta la situación socioambiental de seis de los siete ríos de Cali, exceptuando el río Cauca, a partir de los valores reportados por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) en el año 2012 y 2019 sobre el ICA, en dos puntos diferentes de la trayectoria de los ríos: punto de entrada al perímetro urbano y punto de desembocadura. Estos datos fueron presentados en el cuerpo del texto en forma de tabla, mapa y gráficos de barra. Además, se incluyó información reportada por medios de comunicación locales como el periódico, del que se recuperaron relatos sobre la situación de contaminación de los ríos por parte de habitantes aledaños a los cuerpos de agua. Posteriormente, se plantearon 6 preguntas que son objeto de análisis y que se presentan con mayor detalle en la sección de los resultados.

### 3.2 Participantes y obtención de datos

Las actividades se desarrollaron en clase de Ciencias Naturales y participaron 9 estudiantes, 4 chicas y 5 chicos, de grado noveno de secundaria con edades entre 14 y 16 años pertenecientes a un colegio de carácter privado localizado en la zona urbana de la ciudad de Cali. El desarrollo de las actividades (introdutoria y de exploración) se llevó a cabo de forma sincrónica y asincrónica y estuvo mediada por plataformas digitales debido a las restricciones como consecuencia de la emergencia sanitaria (pandemia por Covid-19). Las actividades se aplicaron en 3 sesiones de 1 hora cada una. Durante los encuentros virtuales, la primera autora de este estudio socializó con los estudiantes el texto y las preguntas que conforman las actividades y orientó su desarrollo. Los estudiantes dieron respuesta a los interrogantes asignados durante los encuentros virtuales de forma individual y escrita.

Una información importante de mencionar para considerar el análisis de los datos es que los estudiantes en experiencias anteriores ya habían realizado lectura de textos científicos con gráficos; y también habían participado de actividades escolares que involucran el levantamiento de datos que posteriormente eran organizados en tablas de frecuencia y representados en gráficos de barra. Todo esto en el marco de las asignaturas de Ciencias Naturales y Estadística.

#### 4 Análisis de los datos

Para realizar el análisis de la información recabada construimos un sistema de dimensiones y categorías tomando como referencia la propuesta de Hug y McNeill (2008) para hacer la interpretación de las preguntas de reconocimiento, interpretación y uso de datos. Para la pregunta que demandaba elaborar un argumento partimos de la propuesta de Toulmin (1958) sobre los componentes del argumento, y la propuesta de Osborne et al. (2016) de niveles de argumentación que está en coherencia con los componentes de Toulmin. Además, las varias lecturas sobre las producciones de los estudiantes permitieron reconocer categorías. En consecuencia, éstas fueron construidas en el diálogo entre la teoría y la información recabada. En la Tabla 1 presentamos el sistema de dimensiones y categorías.

**Tabla 1.** Sistema de Dimensiones y Categorías.

Dimensión	Categoría	Definición	Codificación	
			Si	No
Fuente de los datos	C1. Identificación del Gráfico (localización)	Identifica los dos gráficos que presentan la información sobre el ICA en la entrada al perímetro urbano y en la desembocadura.	FIg 1	FIg 0
	C2. Identificación del ICA (localización)	Identifica la tabla con la información correspondiente al ICA	Fli 1	Fli 0
	C3. Lectura del Gráfico	Identifica y lee el valor del ICA en la entrada al perímetro urbano y en la desembocadura que se indica en los dos gráficos.	FLg 1	FLg 0
	C4. Lectura de la Tabla	Identifica y lee el valor y significado del ICA que se presenta en la tabla.	FLt 1	FLt 0
	C5. Obtiene los datos presentados en el cuerpo del texto (Relatos)	Recupera datos asociados a los relatos producidos por los habitantes aledaños a los ríos de Cali.	FOr1	FOr0
	C6. Obtiene los datos correspondientes al ICA presentados en la tabla y gráficos	Recupera datos del ICA presentados en la tabla y gráficos	FOig1	FOig0
	C7. Obtiene los datos presentados en	Recupera datos presentados en el mapa correspondiente a la trayectoria del río Meléndez y su	FOMi 1	FOM0

	el mapa (Mapa de la trayectoria del río Meléndez)	ICA en diferentes puntos del recorrido.		
	C8. Obtiene los datos a partir de experiencias personales	Recupera datos con relación a experiencias asociadas a sus vivencias.	FOe1	FOe0
<b>Relación de variables</b>	C1. Interpretación gráficos y tabla	Vincula la información presentada en los gráficos con el significado que corresponde con la tabla que indica el ICA.	RIgt1	RIgt0
	C2. Asociación de variables. 1. Gráfico 1 y 2 2. Tabla ICA 3. Pregunta	Vincula la información presentada en el gráfico con el significado que corresponde con la tabla que indica el ICA y de acuerdo con esta información responde la pregunta (Respuesta correcta).	RAv1	RAv0
	C3. Establece una relación entre la trayectoria del río y el ICA.	Reconoce la afectación en la calidad del agua del río a medida que éste atraviesa la entrada al perímetro urbano hacia su desembocadura.	RERti1	RERti0
	C4. Asocia la relación entre la trayectoria del río y el ICA para responder la pregunta	Reconoce la afectación en la calidad del agua del río a medida que éste atraviesa la entrada al perímetro urbano hacia su desembocadura y responde de manera correcta (Respuesta correcta).	RAtr1	RAtr0
<b>Reporte de datos</b>	C1. Reporta datos completos	Reporta datos sobre los siguientes elementos: El valor del ICA (número puntual o rango) El significado del ICA (Muy mala, Mala...) Punto de entrada al perímetro urbano. Punto de desembocadura en los seis ríos.	RRc1	RRc0
	C2. Reporta la mitad de los datos	Reporta datos de al menos tres elementos.	RRm1	RRm0
	C3. Reporta datos incompletos	Reporta datos de uno o dos elementos.	RRi1	RRi0

	C4. Reporta datos externos	Reporta datos que no se incluyeron en la actividad	RRe1	RRe0
<b>Patrones</b>	C1. Identifica patrones	Identifica patrones en la calidad del agua de los ríos y los utiliza para agruparlos.	PIp1	PIp0
<b>Ordenamiento de datos</b>	C1. Ordenamiento Complejo	Ordena los datos utilizando todo el conjunto de datos que tiene (los ríos, la clasificación del ICA, el valor del ICA y los puntos del ICA entrada y desembocadura).	OOc1	OOc0
	C2. Ordenamiento Excluyente	Ordena los datos considerando el valor del ICA en un punto del río.	OOe1	OOe0
	C3. Ordenamiento Limitado	Ordena los datos considerando el conjunto de los datos que tiene. Sin embargo, el valor del ICA no es utilizado para diferenciar al río Meléndez de Pance.	OOl1	OOl0
	C4. Ordenamiento Invertido	Ordena los datos de manera invertida a lo planteado en la pregunta.	OOi1	OOi0
	C5. No Ordenamiento	No logra ordenar los datos.	ONo1	ONo0
<b>Incorporación de datos</b>	C1. Incorpora los datos teóricos presentados en el contexto argumentativo	Emplea los datos presentados en el contexto argumentativo para establecer una relación entre la trayectoria del río y su ICA.	IIt1	IIt0
	C2. Incorpora experiencias personales como datos/evidencias	Emplea explícitamente experiencias, creencias u opiniones para establecer una relación entre la trayectoria del río y su ICA.	IIE1	IIE0
<b>Componentes del argumento</b>	C1. Elabora un argumento completo (datos, justificación y conclusión)	Construye un argumento que incorpora una justificación explícita que vincula su conclusión con los datos.	CEc1	CEc0
	C2. Elabora un argumento con dos de los componentes	Construye un argumento escrito incorporando al menos dos elementos.	CEm1	CEm0
	C3. Elabora un argumento incompleto	Construye un argumento escrito incorporando al menos un elemento	CEi1	CEi0

<b>Tipo de datos que incorpora en su argumento</b>	C1. Incorpora los datos teóricos presentados en el contexto argumentativo sobre la minería	Establece afirmaciones empleando los datos sobre la minería para sustentar las acciones de los ciudadanos y su relación con el río.	IIdm1	IIdm0
	C2. Incorpora los datos teóricos presentados en el contexto argumentativo sobre los asentamientos subnormales	Establece afirmaciones empleando los datos sobre los asentamientos subnormales para sustentar las acciones de los ciudadanos y su relación con el río.	IIdas1	IIdas0
	C3. Incorpora los datos teóricos presentados en el contexto argumentativo sobre el vertimiento de residuos sólidos	Establece afirmaciones empleando los datos sobre el vertimiento de residuos sólidos para sustentar las acciones de los ciudadanos y su relación con el río.	IIdvr1	IIdvr0
	C4. Incorpora experiencias personales al elaborar un argumento.	Establece afirmaciones que se relacionan explícitamente con experiencias, creencias u opiniones. No hace uso de los datos presentados en el contexto argumentativo sobre la calidad de los ríos de Cali.	IIdvr1	IIdvr0
	C5. Incorpora Datos del ICA (valor numérico, significado (Buena, Mala) y punto de entrada al perímetro urbano o punto de desembocadura	Incorpora a su argumento datos presentados en la tabla correspondiente al ICA, expresando el valor numérico, significado o la convención.	IIdvr1	IIdvr0

Índice de Calidad del Agua (ICA).

**Fuente:** las autoras

La categorización de las respuestas de los estudiantes la hicimos considerando el análisis de contenido (BARDIN, 2002). Para tener confianza en la interpretación realizamos la



codificación de manera separada por cada una de las autoras utilizando tablas de presencia y ausencia. La revisión de esta codificación permitió reconocer acuerdos y desacuerdos que fueron utilizados para realizar el cálculo del coeficiente de confiabilidad interjueces propuesto por Miles y Huberman (1994) que tuvo un valor de 0,9 indicando que hubo una alta coincidencia en la forma de codificar las respuestas. Los desacuerdos fueron una oportunidad para volver a la definición de las categorías y trabajarlas más para que fueran más transparentes.

### 5 Resultados

El contexto argumentativo que analizaron los estudiantes les planteó una serie de preguntas que organizamos en dos bloques. En el primero se realizaron preguntas que buscaban saber si lograron interpretar la información disponible en una tabla, dos gráficos de barras y un mapa. Este bloque estuvo compuesto por cinco preguntas (1.1 -1.5). El segundo bloque era una única pregunta (2) con la cual buscábamos que se posicionaran a favor o en contra de las acciones de los ciudadanos frente al río. Pretendíamos que la información brindada en el contexto argumentativo fuera utilizada para elaborar su argumento.

En el gráfico 1 presentamos una síntesis de los resultados relacionando el sistema de dimensiones y categorías con las preguntas. En la primera columna se ubican las preguntas, las columnas posteriores hacen referencia a las 8 dimensiones y al interior de éstas se encuentran las categorías que las componen. Cada categoría tiene un valor asociado a la cantidad de estudiantes que la utilizaron en sus respuestas. Es importante destacar que no todas las dimensiones y categorías estaban presentes en todas las preguntas. En consecuencia, se presentan en el gráfico espacios vacíos.

Gráfico 1. Síntesis de los resultados

Preguntas	Dimensión 1. Fuente de los datos								Dimensión 2. Relación de variables				Dimensión 3. Reporte de datos				Dimensión 4. Patrones
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1
1.1	7/9	8/9	7/9	8/9					7/9	6/9			2/9	3/9	3/9	1/9	
1.2	9/9	9/9	8/9	7/9					7/9	7/9							
1.3	5/9	8/9	5/9	8/9					5/9	3/9			2/9	3/9	3/9	1/9	1/9
1.4	9/9	9/9	8/9	8/9					6/9	4/9							
1.5					4/9	3/9	1/9	1/9			7/9	2/9					
2					7/9	3/9	0/9	5/9									
	Dimensión 5. Ordenamiento de datos					Dimensión 6. Incorporación de datos		Dimensión 7. Componentes del argumento			Dimensión 8. Tipos de datos que incorporan en su argumento						
	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C4	C5		
1.1																	
1.2																	
1.3																	
1.4	3/9	1/9	1/9	1/9	3/9												
1.5						7/9	1/9										
2								5/9	3/9	1/9	0/9	2/9	5/9	1/9	2/9		

Fuente: las autoras



A continuación, pasamos a describir los resultados obtenidos en cada una de las preguntas destacando con letra negrilla las dimensiones empleadas para su análisis.

### 5.1 Bloque 1

*Pregunta 1.1. ¿Cuál de los ríos analizados presenta calidad de agua “Muy Mala” al entrar al perímetro urbano? Marca con una X la opción que consideres correcta.*

Para responder los estudiantes debían ubicar el gráfico que reportaba información sobre el ICA en la entrada al perímetro urbano y leerlo con la tabla de valores del ICA. Posteriormente, asociar estas dos variables con la pregunta y responder. En las producciones encontramos que 7/9 estudiantes respondieron de manera correcta lo cual indica que: **Fuente de Datos:** a) localizaron el gráfico y la tabla del ICA; b) leyeron el gráfico y la tabla del ICA correctamente; **Relación de variables:** a) vincularon la información del gráfico y la tabla y b) asociaron esta información para responder de manera correcta.

Interpretamos que uno de los estudiantes logró en la dimensión **Fuente de Datos** localizar el gráfico que reporta información sobre la entrada al perímetro urbano y la tabla del ICA. Sin embargo, la dificultad comienza al leer estos, pues en su respuesta seleccionó al río con mejor ICA; no logró **leer de manera adecuada el gráfico** y en consecuencia tiene barreras para asociar variables. Por otro lado, identificamos que un estudiante en la dimensión **Fuente de Datos** logra localizar la tabla del ICA pero, se confunde y fija su atención en el gráfico que reporta información del ICA en el punto de la desembocadura, cuando la pregunta lo situaba en el punto de la entrada al perímetro urbano. Lo anterior, nos indica que hubo un error de interpretación en la pregunta. Sin embargo, si la pregunta hubiera estado situada en el punto que él revisa su respuesta hubiera sido correcta, indicándonos que logra la dimensión **Relación de variables**. Finalmente, encontramos que un estudiante seleccionó el río Meléndez. Al respecto nos atrevemos a decir que su respuesta pudo estar afectada por el contexto argumentativo que hace mayor énfasis sobre este río.

*Pregunta 1.2 ¿Cuál es el río de Cali que presenta menor grado de contaminación tanto en el punto de entrada al perímetro urbano como en su desembocadura? Marca con una X la opción que considere correcta.*

Para responder los estudiantes debían ubicar los dos gráficos que reportaban información sobre el ICA en la entrada al perímetro urbano y en su desembocadura. Además, leer estos gráficos junto con la tabla de valores del ICA, para posteriormente asociar estas dos variables con la pregunta y responder. De las respuestas de los estudiantes encontramos que 7/9 estudiantes respondieron de manera correcta, lo cual indica que: **Fuente de Datos:** localizaron el gráfico y la tabla del ICA; leyeron el gráfico y la tabla del ICA correctamente. Y en **Relación de variables:** vincularon la información del gráfico y la tabla y asociaron esta información para responder de manera correcta.

Interpretamos que un estudiante en cuanto a la dimensión **Fuente de datos** logra localizar el gráfico y la tabla del ICA. Pero, al momento de leer los gráficos y la tabla presenta limitaciones y no logra una correcta lectura de estas dos fuentes de datos. Lo anterior, se debe a que en su respuesta seleccionó uno de los ríos con menor valor de ICA (un menor valor de ICA indica un peor grado de contaminación). Esta situación nos lleva a reconocer que no logra **Relación de variables**. Otra interpretación que hacemos de su respuesta es que su selección se ve afectada por la posición del río en el gráfico, pues el río seleccionado es el último en los dos gráficos, y al ver las barras del gráfico se ve la tendencia del ICA a disminuir. De nuevo, la lectura del gráfico y la tabla se ven comprometidas. Por otro lado, identificamos que otro estudiante seleccionó el río que tiene el mismo valor del ICA tanto en el punto de la entrada al perímetro urbano como en la desembocadura. Consideramos que hubo una interpretación alternativa de la pregunta y la limitación de este estudiante se centra en la dimensión **Relación de variables**, pues no logra vincular la información de la tabla y los gráficos para responder la pregunta planteada.

*Pregunta 1.3 ¿Cuál es el estado de contaminación de los ríos de Cali? Haga uso de las categorías del ICA (Buena, Aceptable, Dudosa, Mala y Muy Mala) para indicar el nivel de contaminación de los ríos.*

Para interpretar esta pregunta consideramos las Dimensiones **Fuente de datos**, **Relación de variables**, **Reporte de datos** y **Patrones** junto a las categorías que las estructuran. Presentamos los resultados describiendo cada una de estas dimensiones.

Sobre **Fuente de datos** encontramos que 5/9 estudiantes lograron de manera exitosa las cuatro primeras categorías de esta dimensión. Un estudiante no respondió el interrogante. Y tres estudiantes no presentan información sobre los gráficos (categoría 3), por ende, no se menciona el valor del ICA de los ríos. Un ejemplo de estas tres respuestas es:

Aceptables, dudosa, mala y muy mala lo que nos dice que los ríos de Cali tienen un alto nivel de probabilidad de estar contaminados. (E1).

En cuanto a **Relación de variables** identificamos que sólo 3/9 estudiantes presentan información en coherencia con lo que se presenta en los gráficos y la tabla del ICA. En los otros casos encontramos información equivocada lo que nos llevó a determinar que los estudiantes tienen dificultades para relacionar las variables de la tabla y gráficos para responder a la pregunta.

Respecto a la dimensión **Reporte de datos** los estudiantes contaban con cinco elementos para responder: 1) El valor del ICA (valor puntual o rango). 2) El significado del ICA (Muy mala, Mala, etc). 3) Punto de entrada al perímetro urbano. 4) Punto de desembocadura. 5) Los seis ríos. Encontramos que solo 2/9 estudiantes en sus respuestas incluyeron todos los elementos de forma sistemática. A continuación, dejamos un ejemplo de respuesta:

Punto de entrada al perímetro urbano  
Pance, Cali y Meléndez: aceptable: convención de color verde 89,99 80;  
Cañaveralejo: dudosa: convención de color amarillo 79,99 -70;  
Aguacatal: mala: convención de color naranja 69, 99 -60;  
Lili: muy mala: convención de color rojo menor de 59, 99  
Punto de desembocadura.  
Pance y Meléndez: aceptable: convención de color verde 89, 99 -80;  
Cali: mala: convención de color naranja 69, 99 -60;  
Lili, cañaveralejo y aguacatal: muy mala: convención de color rojo menor de 59, 99 (E9).

En los otros casos los estudiantes reportaron solo alguno de los cinco elementos e identificamos un estudiante que presentó información del río Cauca, éste no se encontraba presente en el contexto argumentativo. Esta situación llama la atención, porque el río Cauca es muy importante para el departamento en que se ubica Cali. Sobre esto el estudiante reporta que tiene una “Muy Mala” calidad del agua, tal vez esta información proviene de alguna experiencia previa en el río o información que circula de éste en los medios de comunicación.

En cuanto a la dimensión **Patrones** la identificamos sólo en un estudiante y ésta corresponde con el ejemplo de repuesta anterior. En su respuesta el estudiante agrupó los ríos de acuerdo con el ICA (colocó a Pance, Cali y Meléndez en la categoría de Aceptable) lo que nos llevó a interpretar que identificó un patrón.

*Pregunta 1.4 A partir de tu respuesta en la pregunta anterior, utiliza los números del 1 al 6 para organizar los ríos según su grado de contaminación, siendo 1 el más contaminado y el 6 el menos contaminado.*

Para dar respuesta a esta pregunta los estudiantes debían ubicar los dos gráficos que reportaban información sobre el ICA en la entrada al perímetro urbano y en su desembocadura. Además, leer estos gráficos con la tabla de valores del ICA, para posteriormente asociar estas dos variables con la pregunta. Finalmente, organizar los ríos desde el más contaminado al menos contaminado teniendo en cuenta los valores del ICA. Para ello, presentamos los resultados describiendo las dimensiones.

En la dimensión **Fuente de datos** encontramos que 8/9 estudiantes logran de manera exitosa las cuatro primeras categorías. Solo un estudiante no obtiene un buen desempeño en ésta, su respuesta nos llevó a determinar que logra ubicar la tabla con los valores del ICA y los gráficos. Sin embargo, presenta dificultad para hacer lectura de estos, pues la organización que realiza de los ríos se presenta de forma antagónica a la respuesta correcta, identificando, por ejemplo, que el estudiante considera como el río más contaminado uno de los cuerpos de agua que presenta un ICA aceptable.

Sobre la **Relación de variables** identificamos que 4/9 estudiantes presentan información en coherencia con los gráficos y la tabla del ICA. En los demás casos encontramos información equivocada, lo que nos condujo a establecer que los estudiantes presentan dificultades para relacionar las variables de la tabla y gráficos necesarias para responder la pregunta de forma correcta.

En la categoría **Ordenamiento de datos** encontramos que sólo 3/9 logran de manera exitosa realizar un ordenamiento complejo en el cual utilizan todo el conjunto de datos que tienen (los ríos, la clasificación del ICA, el valor del ICA y los puntos del ICA entrada y desembocadura) para elaborar la respuesta a la pregunta.

Solo 1/9 estudiantes realiza un ordenamiento excluyente caracterizado por ordenar los datos considerando el valor del ICA en un solo punto de la trayectoria del río, para este caso el estudiante sólo consideró el punto de desembocadura. También solo 1/9 estudiantes establece un ordenamiento limitado pues organiza los datos considerando el conjunto de los datos que tiene. Sin embargo, el valor del ICA no es utilizado para diferenciar al río Meléndez de Pance. Interpretamos que esto se presenta porque ambos ríos tienen el mismo estado de contaminación (Aceptable) sin embargo, en ambos puntos el valor del ICA es diferente, aspecto que suponemos fue obviado por los estudiantes. Además, 1/9 estudiantes estableció un ordenamiento invertido, presentando los datos de manera opuesta. Lo anterior, lo atribuimos a una interpretación alternativa a la pregunta estableciendo el número 6 para el río más contaminado y el 1 al menos contaminado.

*Pregunta 1.5 De acuerdo con el texto, la contaminación del río Meléndez ha incrementado para el año 2019 en comparación con los datos indicados en el año 2012, donde su ICA pasó de Aceptable a Mala al realizar el análisis de una muestra en el punto de su desembocadura. ¿Cuál es la relación que existe entre la trayectoria del río y el ICA? Justifica tu respuesta.*

Para interpretar esta pregunta consideramos las Dimensiones **Relación de variables, Incorporación de datos y Fuente de datos** junto a las categorías que las estructuran.

En la dimensión **Relación de variables** encontramos que solo 2/9 estudiantes reconocen la afectación en la calidad del agua del río a medida que éste atraviesa la entrada al perímetro urbano hacia su desembocadura estableciendo una respuesta correcta. Para los demás casos, identificamos que, aunque la mayoría establece una relación entre la trayectoria del río Meléndez y la variación en su estado de contaminación no se reconoce una asociación entre la trayectoria del río y el ICA para responder la pregunta. Solo 2/9 estudiantes no obtienen un buen desempeño para esta dimensión, consideramos que hubo una interpretación alternativa a la pregunta planteada, proporcionando como respuesta una definición del término ICA, al parecer los estudiantes centraron su atención a la pregunta abstrayéndose del contexto en que fue planteada. Un ejemplo de este tipo de respuestas:

Si porque estos son los encargados de identificar si el río es un río estable, o mejor dicho si es un río sin contaminación o si tiene una bacteria, etc (E7).

Respecto a **Incorporación de datos** evidenciamos que 6/9 estudiantes emplearon únicamente los datos presentados en el contexto argumentativo para establecer una relación entre la trayectoria del río y su ICA. Solo 1/9 incorpora en su respuesta datos provenientes del contexto argumentativo y experiencias personales. En sus palabras:

El viaje por el cual pasa el río Meléndez puede afectar en su calidad de agua debido a las necesidades de los humanos y el descuido de ella, de parte de nosotros como invasores o Consumidores. Por eso es importante la trayectoria del río para identificar su índice de calidad (E4).

En la dimensión **Fuente de datos** identificamos que 4/9 estudiantes recurren a los relatos presentados en el contexto argumentativo como fuente de datos. Sólo 3/9 utilizan los datos presentados en la tabla correspondiente al ICA, expresando el valor numérico, significado o la convención como se muestra en el ejemplo:

El nivel de contaminación cambia dependiendo la zona y donde se juntan los ríos y donde inicia el río, inicia con el agua más limpia y a medida que haya más población o cosas que afecten su ICA va disminuyendo (E8).

En el resto de los casos, 1 de los estudiantes empleó datos presentados en el mapa correspondiente a la trayectoria del río Meléndez y su ICA en diferentes puntos del recorrido.

Identificamos que en la **Incorporación de datos** pocos estudiantes recuperan datos de diversas fuentes para elaborar su respuesta. La más consultada fueron los relatos expresados por los habitantes aledaños a los ríos, que se encontraban incorporados en el contexto argumentativo. Consideramos que la mayoría de los estudiantes acudió a esta fuente debido a la familiaridad entre las experiencias relatadas en el contexto argumentativo con las vividas por los estudiantes, que al ser comparadas con la actividad introductoria coinciden con la idea del río como espacio para la recreación. Esta característica respecto a la fuente de datos a la que apelan los estudiantes también fue identificada por González y Puig (2017) en la que encontraron que los estudiantes incorporan en mayor proporción los datos provenientes de las opiniones de vecinos y familiares, en comparación con los datos empíricos recolectados por ellos mismos, otorgando mayor fiabilidad a esta fuente de datos.

Estos resultados nos llevan a reconocer que los estudiantes presentan barreras ya reconocidas por Hug y McNeill (2008). Respecto a los *Datos como pruebas* identificamos que los estudiantes recuperan ideas de su experiencia para elaborar sus respuestas, aunque no ocurre con la mayoría. Algo generalizado es que no emplean datos relacionados con valores numéricos para elaborar sus respuestas. Sobre la barrera *Identificar patrones o tendencias en los datos* que está asociada con la lectura y comprensión de la información presente en gráficos o tablas. En el análisis identificamos la dificultad para realizar la lectura de gráficos, interpretarlos con los valores indicados en la tabla del ICA y establecer relaciones entre estas variables con las preguntas. Lo anterior, invita a trabajar ejercicios de alfabetización visual para desarrollar la

habilidad de leer y escribir lenguaje visual o simbólico como lo plantean Quillin y Thomas (2015).

## 5.2 Bloque 2

*Pregunta 2. A partir de la descripción del estado de la calidad de agua del río Meléndez reportada por el DAGMA en el año 2012 y los testimonios y reportes del DAGMA en el año 2019, ¿Qué opinión tienes acerca de las acciones de los(as) ciudadanos(a)s y su relación con el río? ¿estás de acuerdo o en desacuerdo? ¿Por qué?*

Para interpretar esta pregunta consideramos las Dimensiones **Fuente de datos, Tipo de datos que incorpora en su argumento y Componentes del argumento**. Presentamos los resultados describiendo cada una de estas dimensiones.

En la dimensión **Fuente de datos** identificamos que la mayoría de los estudiantes 7/9 recuperan datos presentados en el cuerpo del texto acerca de los relatos producidos por los habitantes aledaños a los ríos de Cali para elaborar su argumento. Por otro lado, 5/9 estudiantes recuperan datos que presentan relación a experiencias asociadas a sus vivencias. Encontramos que sólo 3/9 estudiantes retoman los datos de información del ICA presentados en la tabla y gráficos para elaborar su argumento. Esto nos permite identificar que los estudiantes recuperan en mayor proporción a los relatos y experiencias personales como fuentes de datos, para obtener la evidencia que justifique sus afirmaciones acudiendo en menor proporción a los datos numéricos generados desde estudios científicos.

En la dimensión **Tipo de datos que incorpora en su argumento** observamos que 5/9 estudiantes establecen afirmaciones empleando los datos sobre el vertimiento de residuos sólidos (que se encontraban en los relatos) para sustentar su desacuerdo sobre las acciones de los ciudadanos y su relación con el río. Reconocemos que la problemática sobre el tratamiento de los residuos sólidos es un lente teórico que utilizan los estudiantes para posicionarse sobre las acciones de los ciudadanos. A continuación, presentamos un ejemplo:

En el 2012 el río Meléndez era el segundo río más limpio y pasó a ser un río de mala calidad en tan solo unos años debido al mal cuidado de este río y los desechos que se vierten en éste, está mal que no cuidamos nuestros ríos (E8).

Observamos que 2/9 estudiantes construyeron afirmaciones empleando los datos sobre los asentamientos subnormales para sustentar las acciones de los ciudadanos y su relación con el río. En estas respuestas nos gustaría destacar una mirada más amplia de la problemática que tiene el río Meléndez, pues involucran lo social como referente para entender el comportamiento de los ciudadanos hacia el río. Un ejemplo es:

Al tratarse de una invasión a los alrededores del río, se ve afectado por las necesidades del pueblo. Consecuencia que afecta el río de manera grave, cambiando su índice de calidad del agua. Pasando de aceptable en 2012 a pasar a mala en 2019 por la contaminación. No estoy de acuerdo con esta situación debido a que estamos afectando un río privilegiado de tantos litros de agua limpia para los humanos, a peligrosa por la contaminación (E4).

Además, 2/9 estudiantes elaboran su argumento incorporando datos presentados en la tabla y gráficos correspondientes al ICA, expresando el valor numérico, significado o la convención. El argumento anterior es un ejemplo de esto cuando habla del cambio del ICA de Aceptable a Mala.

Encontramos que sólo 1/9 estudiantes elaboró un argumento que recupera explícitamente experiencias, creencias u opiniones. El estudiante manifiesta que está de acuerdo con que las personas vayan al río a recrearse y que el ICA se puede mantener implementando multas para los ciudadanos que comentan acciones que perjudiquen este índice. La idea de la multa no estaba mencionada en ninguna parte del contexto argumentativo, ello nos lleva a interpretar que el estudiante trae esta idea de su experiencia.

El análisis a las respuestas de los estudiantes sugiere que apelan más a las ideas de contaminación por residuos sólidos que es más común de ser abordadas en la escuela. Ninguno de los estudiantes establece afirmaciones empleando los datos sobre la minería para sustentar las acciones de los ciudadanos y su relación con el río. De este resultado interpretamos que los estudiantes no tienen una idea muy clara sobre la problemática de la minería como factor de contaminación de los ríos lo cual es una barrera para involucrarla en su posicionamiento sobre las acciones de los ciudadanos.

Respecto a la barrera *Conclusiones de la evidencia* reportada por Hub y McNeill (2008) encontramos algunas justificaciones de los estudiantes que incorporan un respaldo muy limitado lo cual hace que se perciba un argumento “pobre” que apela a datos simples. Algunos ejemplos son:

En mi opinión no me parece que estén haciendo casi nada, porque no los cuidamos hacen más y más basura, eso hace que el trabajo sea más duro (E5).

Estoy en desacuerdo que toda la población que vive por este río lo mantengan tan sucio y sigan tirando basura o cosas que le hacen daño a este río (E9).

Llamó nuestra atención que en ninguno de los argumentos encontramos el uso del valor del ICA y la autoridad que lo reporta que es el DAGMA. Esto indica la necesidad de trabajar con los estudiantes la importancia de las fuentes como un elemento retórico al momento de elaborar un discurso argumentativo científico.

## 6 Consideraciones finales

La intención de implementar en el aula esta actividad de exploración de la competencia argumentativa tuvo como intención valorar el estado inicial de los escolares reconociendo los logros y limitaciones que presentan al momento de elaborar un argumento escrito. Encontramos como logros que los estudiantes recuperan ideas del contexto argumentativo, es decir, esta es una base que moviliza su pensamiento para posicionarse. Además, al estar vinculado con situaciones socioambientales locales se favorece el conocimiento del entorno y posicionamiento informado frente al cuidado y preservación de los ríos de la ciudad.

Por otro lado, el análisis nos lleva a pensar con mucho más cuidado la forma como presentamos y abordamos información visual (tablas, gráficos y mapas) pues, reconocimos dificultades para interpretarla, especialmente al establecer la relación de variables para obtener una información global. En ese sentido, es necesario trabajar la alfabetización visual para que el conjunto de estudiantes logre una adecuada lectura e interpretación de esta información. Estos hallazgos nos remiten a la importancia de explorar previamente la competencia para desarrollar actividades más atinadas que promuevan el desarrollo de la argumentación.

La construcción del contexto argumentativo es un elemento importante para dar la posibilidad de que los estudiantes interactúen con datos de primera o segunda mano. Esto es clave para lograr que ellos se familiaricen con la argumentación científica y valoren el uso de datos y su transformación en evidencia para elaborar un buen argumento. Esta experiencia deja en relieve la necesidad de discutir con los estudiantes elementos de la teoría de la argumentación, en particular conocer los componentes del argumento para que tengan más herramientas para elaborar argumentos más robustos. Por otro lado, queda abierta la posibilidad de plantear un contexto argumentativo en el que se utilicen datos de primera mano y analizar el comportamiento de las dimensiones que planteamos en este artículo.

De acuerdo con Kelly, Regev & Prothero (2008) construir argumentos escritos implica superar varios retos. En particular, retomamos el que impone las habilidades lingüísticas, pues cuando escribimos articulamos el conocimiento científico, con el estilo del género discursivo (el argumento tiene una naturaleza retórica) y el conocimiento del léxico y la gramática. De modo que, escribir un argumento es una acción que demanda articular varios conocimientos que no son abordados de manera explícita en el aula de ciencias. Esta situación nos sugiere pensar en incorporar mecanismos que estimulen la escritura de argumentos científicos en el aula de ciencias y considerar el aula de ciencias como un espacio en el que se escribe y habla de ciencias.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo con una cátedra en el Cinvestav - Unidad Monterrey a T.I.S.L



## Referencias

BARDIN, Laurence. **Análisis de contenido**. Madrid: Akal, 1991.

CAMPANER, Gertrudis; DE LONGHI, Ana Lía. La argumentación en educación ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 6, n. 2, 2007. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2471036> Acceso en: 12 Dic 2021

CHAZATAR, Sofía; GIRALDO, Estefanía; SÁNCHEZ, Sarah. **Cali entre ríos: reconstrucción de memoria en torno a las relaciones entre la comunidad caleña y los siete ríos de la ciudad**. 2019. 139 f. Tesis (Pregrado en Comunicación Social). Programa de Comunicación Social, Universidad del Valle, 2019.

DUSCHL, Richard. Quality argumentation and epistemic criteria. En: ERDURAN, Sibel; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, María (Ed.). **Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 159-175.

GONZÁLEZ, Alba; PUIG, Blanca. Analizar una problemática ambiental local para practicar la argumentación en clase de ciencias. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 16, n. 2, 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10347/15841> Acceso en: 12 Dic 2021

GONZÁLEZ, Jennifer; SÁNCHEZ, Liliana; GARCÍA, Álvaro. La argumentación como vía para la mejora del aprendizaje de las ciencias. Un estudio desde las problemáticas ambientales. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, n. Extra, p. 1607-1611, 2013.

GROOMS, Jonathon; SAMPSON, Victor; ENDERLE, Patrick. How concept familiarity and experience with scientific argumentation are related to the way groups participate in an episode of argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 9, p. 1264-1286, 2018.

HUG, Barbara; MCNEILL, Katherine. Use of first-hand and second-hand data in science: Does data type influence classroom conversations? **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 13, p. 1725-1751, 2008.

JIMÉNEZ, Alexandre. **10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010.

KELLY, Gregory; REGEV, Jacqueline; PROTHERO, William. Analysis of lines of reasoning in written argumentation. En: ERDURAN, Sibel; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, María (Eds.). **Argumentation in science education: Perspectives from classroom-Based Research**. Dordre-cht: Springer, 2008. p. 137-158.



MANZ, Eve. Representing student argumentation as functionally emergent from scientific activity. **Review of Educational Research**, v. 85, n. 4, p. 553-590, 2015.

MESA, Sandra; SEÑA, Erika. **Argumentación en torno al concepto "lo vivo": discusiones sobre el maltrato animal como asunto sociocientífico**. 2013. 166 f. Disertación (Maestría en Educación) Programa de Posgrado en Educación, Universidad de Antioquia, 2013.

MILES, Matthew; HUBERMAN, A. Michael. **Qualitative data analysis: an expanded sourcebook**. 2. ed. New Delhi: Sage, 1994.

OSBORNE, Jonathan, et al. The development and validation of a learning progression for argumentation in science. **Journal of research in science teaching**, v. 53, n. 6, p. 821-846, 2016.

QUILLIN, Kim; THOMAS, Stephen. Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. **CBE-Life Sciences Education**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2015

REVEL, Andrea; DÍAZ, Carlos; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Argumentación científica escolar y su contribución al aprendizaje del tema «salud y enfermedad». **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v.3, n. 18, Sept./Feb. 2021. Disponible en: [10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i3.3101](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3101) Acceso: 20 Dic 2021

SANMARTÍ, Neus; IZQUIERDO, Mercè; GARCÍA, Pilar. Hablar y escribir: Una condición necesaria para aprender ciencias. **Cuadernos de pedagogía**, España, v. 281, p. 0054-58, 1999.

SANMARTÍ, Neus. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis S.A. 2009.

TAMAYO, Oscar. La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. **Hallazgos**, Cali, v. 9, n. 17, p. 211-233, 2012.

TOULMIN, Stephen. **The Uses of Argument**. 2. ed. Cambridge: University Press. 1958.

Recebido em abril de 2022.  
Aprovado em agosto de 2022

Revisão gramatical realizada por:

Linda Dayana Ramírez Acosta - Email: [lindaramirezacosta@gmail.com](mailto:lindaramirezacosta@gmail.com)

Tatiana Iveth Salazar-López - E-mail: [tatiana\\_salazar@cinvestav.mx](mailto:tatiana_salazar@cinvestav.mx)



## Anexo 1.

### Contexto argumentativo

La ciudad de Cali bañada por los afluentes de siete ríos actualmente atraviesa una situación crítica en sus recursos hídricos debido a situaciones como la minería<sup>4</sup>, los asentamientos subnormales<sup>5</sup> y el vertimiento de residuos<sup>6</sup>, que han ocasionado un impacto negativo en la calidad del agua.

A partir de la medición del índice de calidad del agua (ICA) es posible identificar las condiciones físicas y químicas de los recursos hídricos. El ICA se representa a través de un valor numérico adimensional (no tiene una unidad definida) que se determina a partir del estudio de diferentes propiedades del agua como: cantidad de oxígeno disponible, pH, color, olor, conductividad eléctrica y presencia de sólidos.

El ICA establece el nivel de contaminación en diferentes puntos seleccionados a lo largo de la trayectoria de los ríos. Así, la determinación del ICA se realiza mediante la toma de varias muestras de agua en zonas estratégicas como: 1) la entrada al perímetro urbano, es decir; el punto donde el curso del agua del río está por comenzar su trayectoria en la ciudad, y 2) su punto desembocadura, lugar donde se vierte el agua en otro río.

A continuación, se presenta en la Tabla 1 las categorías establecidas según los valores del ICA para determinar la contaminación del agua. El ICA establece para condiciones óptimas un valor máximo de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el curso del agua.

---

<sup>4</sup> Actividad con fines económicos que se realiza en lugares donde hay presencia de minerales como el oro, el carbón, la plata y el platino para ser extraídos del suelo y llevar a cabo su aprovechamiento. Son usados para ser vendidos a otros países, producir combustible y procesarlos para construir materiales y objetos que se utilizan comúnmente.

<sup>5</sup> Hace referencia al establecimiento de un grupo de personas en un lugar determinado que está fuera de las normas establecidas por las autoridades. Surge como consecuencia de situaciones de pobreza, violencia y desplazamiento. Popularmente conocidos como “invasiones”.

<sup>6</sup> Se presenta con mayor frecuencia en áreas rurales o de difícil acceso donde los habitantes no cuentan con un servicio óptimo de recolección de residuos y alcantarillado. De esta manera, las aguas residuales y desechos domésticos son depositados en el río.

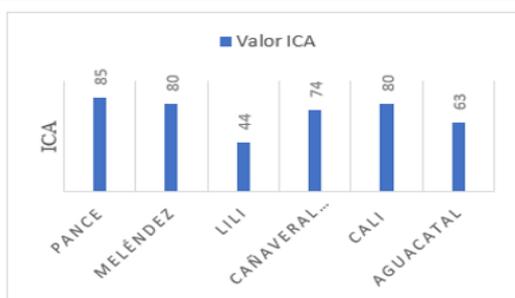
Según el valor obtenido el recurso hídrico se clasifica en: Buena, Aceptable, Dudosa, Mala y Muy Mala, características que son representadas con convenciones mediante el uso de colores (azul, verde, amarillo, naranja y rojo). Lo anterior, se presenta en la Tabla 1, en la que se muestra con más detalle las categorías del ICA

**Tabla 1.** Clasificación de la calidad del agua a partir del valor del ICA.

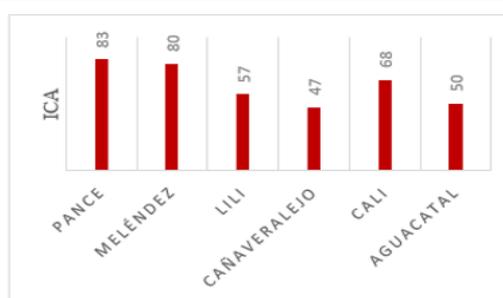
Valor ICA	Significado	Convención
90 -100	Buena calidad. Aguas muy limpias no contaminadas de modo apreciable.	
89,99 -80	Aceptable. Aguas ligeramente contaminadas, se evidencia algunos efectos de contaminación.	
79,99 -70	Dudosa. Aguas moderadamente contaminadas.	
69,99 -60	<b>Mala.</b> Aguas muy contaminadas.	
Menor de 59,99	<b>Muy Mala.</b> Aguas fuertemente contaminadas.	

**Fuente:** Adaptado de Gutiérrez y García (2014) citado por Miravet, García, López, Alayón y Salinas (2016).

De esta manera, según los estudios realizados por la alcaldía de Cali, desde el departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), en el año 2012 se determinó la calidad del agua de los seis ríos ubicados en la ciudad. En los gráficos 1 y 2 se presentan los datos del ICA obtenidos del análisis realizado en el punto de entrada al perímetro urbano y su punto de desembocadura.



**Gráfico 1.** Índice de calidad del agua de los ríos de Cali. Entrada al perímetro urbano.



**Gráfico 2.** Índice de calidad del agua de los ríos de Cali. Desembocadura en el canal del sur y río Cauca.

Fuente: Adaptado del Índice de calidad del agua de los principales ríos de Cali, año 2012, ejecutado por el DAGMA. <https://www.elpais.com.co/cali/rios-de-tienen-una-baja-dad-de-agua-segun-estudio-del-dagma.html>

En este estudio se identificó que ninguno de los ríos alcanza un ICA Bueno. Tan solo tres de los seis ríos se encuentran en un nivel Aceptable en el punto de entrada al perímetro urbano y solo dos de ellos presentan un nivel Aceptable al llegar al punto desembocadura.

Sin embargo, para el año 2019 se evidenció una creciente afectación en el estado del río Meléndez. El DAGMA reportó que la calidad del agua pasa de Aceptable a Mala en el punto de desembocadura (al sur de la ciudad).

El río Meléndez, nace en la Cordillera Occidental dentro del Parque Nacional Natural Los Farallones de Cali y se ubica entre las cuencas de los ríos Cañaveralejo y Lili, en los Corregimientos de La Buitrera y Villa Carmelo, atraviesa la zona urbana de la ciudad dentro de las Comunas 17 y 18 y parte de la 16 y desemboca en el río Cauca.

Durante la realización del estudio del ICA se identificó una corriente de color verdoso por la que fluyen algunos de los residuos de alcantarilla de los asentamientos subnormales de La Choclona, sector ubicado en el sur de Cali, en el que se observan residuos orgánicos como restos de comidas y animales muertos. También hay presencia de botellas, bolsas plásticas y elementos de casa como juguetes, ropa y muebles. La fotografía 1 presenta imágenes sobre el estado del río en ese punto.

**Fotografía 1:** Apariencia del Río Meléndez al sur de Cali en el sector de La Choclona.



**Fuente:** Periódico El País, 2019.

El periódico “El País” reporta el testimonio de Jhon Alexander Castillo habitante de este sector: “Aunque tengo amigos que por bañarse aquí les ha salido ronchas en la piel o dermatitis, a mí nunca me ha dado nada. Uno sigue viniendo aquí por dos razones: porque la suciedad nunca se estanca en el río y cuando llueve, todas las aguas residuales van hacia abajo”

La Choclona existe hace alrededor de 20 años y por tratarse de una invasión, no cuenta con servicio de alcantarillado: las casas que no tienen pozo séptico para tratar las aguas residuales, las destinan con conexiones erradas hacia el río Meléndez.

Además de estos vertimientos, en La Buitrera y Villacarmelo llega al río Meléndez una leve cantidad de desperdicios de las bocaminas de carbón que hay en el sector. Pero, solo hasta después de su paso por la zona urbana de Cali, la calidad del agua pasa de Aceptable a Mala, dado su encuentro con la contaminación que se halla en la Ptar, el Caney y las aguas lluvias que desembocan en su cauce por conexiones erradas o filtración. En la imagen 1. se representa el mapa de una parte de la trayectoria del río Meléndez indicando el ICA en diferentes zonas de la ciudad hasta alcanzar el punto de desembocadura.

**Imagen 1.** Mapa de la trayectoria e ICA del río Meléndez



**Fuente:** Adaptado del informe del DAGMA y la Universidad del Valle, sobre la identificación del vertimiento en los ríos Meléndez y Cañaveralejo, 2019.