



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

Construcción de una visión crítica de ambiente con la ayuda de sistemas de adquisición de datos: el caso de la contaminación del aire en Medellín

Trabajo para optar por el título de Licenciadas en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

**PAULA ANDREA BARRERO MONTOYA
ADRIANA ENID OCHOA GÓMEZ
JENNIFER ANDREA ZAPATA VALENCIA**

Asesoras:

**Mónica Eliana Cardona Zapata
Marisol Lopera Pérez**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

1 8 0 3

MEDELLÍN

2018



Agradecimientos

Primeramente, a Dios, por darnos la fuerza para no decaer en los momentos difíciles.

A nuestras familias por entender los tiempos de ausencia y enseñarnos el valor del compromiso, responsabilidad y disciplina.

Un agradecimiento especial a Luis Fernando Morales Gómez, por ser nuestro apoyo incondicional.

A nuestras asesoras Marisol Lopera Pérez y Mónica Eliana Cardona Zapata, por su entrega, dedicación y paciencia al guiarnos hasta la culminación de esta investigación, igualmente, a las docentes cooperadoras, Libia Gómez y Luz Marina Rodríguez por compartir sus conocimientos y experiencias en el aula de clase. A todas ellas infinitas gracias por su inmensa vocación que nos llenó de motivación en el arte de ser maestras.

A cada uno de nuestros estudiantes.

Y por supuesto a este maravilloso equipo de trabajo en que nos hemos convertido con el paso del tiempo.



Tabla de contenido

1.	Planteamiento del problema.....	6
2.	Objetivos.....	11
2.1.	Objetivo general:	11
2.2.	Objetivos específicos.....	11
3.	Antecedentes.....	12
3.1.	Propuestas de enseñanza para la educación ambiental mediante el uso de las TIC	14
3.2.	Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y agentes contaminantes del aire.....	19
3.3.	Educación ambiental y aprendizaje significativo.....	25
4.	Marco teórico	30
4.1.	La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico	30
4.2.	Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de las ciencias	37
4.3.	Contaminación atmosférica y agentes químicos que la producen.....	39
5.	Corrientes de educación ambiental.....	48
6.	Metodología de investigación.....	60
7.	Análisis de resultados.....	81
8.	Conclusiones.....	112
9.	Recomendaciones.....	116
10.	Referencias	118
11.	Anexos.....	142



Índice de figuras

<i>Figura 1. Síntesis de los documentos encontrados en las bases de datos.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. Síntesis de revistas rastreadas manualmente.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3. Formato de diario de campo.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4. Estructura conceptual del estudio de caso.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5. Mapa conceptual de resumen de temáticas abordadas.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 6. Montaje realizado para la actividad sobre el sistema respiratorio.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 7. Toma de muestras L1, 01 de agosto de 2018.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 8. Toma de muestras J2, 01 agosto de 2018.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 9. Toma de muestras J3, 01 de agosto de 2018.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 10. Toma de muestra de D4, 01 de agosto de 2018.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 11. Imagen satelital de la ubicación de la Institución.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 12. Instalaciones y alrededores de la Institución.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 13. Estación de monitoreo con incidencia alta.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 14. Estación de monitoreo con incidencia baja.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 15. Estación de monitoreo con incidencia media.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 16. Medición y registro de datos.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 17. Fragmento de Ecoprensa de J2 (10 de agosto de 2018).....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 18. Fragmento de Ecoprensa de L1 (10 de agosto de 2018).....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 19. (J2, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018).....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 20. Fragmento de Ecoprensa de J3 (10 de agosto de 2018).....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 21. (L1, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018).....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 22. Calidad del aire en Medellín (D4, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018).....</i>	<i>103</i>



Índice de tablas

<i>Tabla 1. Síntesis de la información presentada en este núcleo temático</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2. Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para los niveles de alerta, prevención o emergencia.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 3. Síntesis de la UEPS.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 4. Categorías y subcategorías definidas para el análisis de la información.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 5. Identificación de los subsumidores relevantes en torno a la contaminación del aire en la ciudad de Medellín.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 6. Papel de los SAD. Se recoge de la entrevista.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 7. Concepciones de ambiente.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 8. Visiones críticas de ambiente.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 9. Visiones críticas de ambiente con la ayuda de los SAD.....</i>	<i>110</i>



Construcción de una visión crítica de ambiente con la ayuda de sistemas de adquisición de datos: el caso de la contaminación del aire en Medellín

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar el aporte de los sistemas de adquisición de datos a la construcción de una visión crítica de ambiente, a través de la medición de agentes químicos del aire. Esta basada en la teoría de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2012), específicamente en dos principios: de la no centralización de la pizarra, la participación activa del alumno y de la diversidad de estrategias; y del conocimiento como lenguaje. Esta investigación es de carácter cualitativo con un enfoque de estudio de caso de tipo instrumental, estuvo dirigida a estudiantes de octavo grado de la institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño ubicada en la ciudad de Medellín, Antioquia, Colombia; de los cuales se seleccionaron cuatro participantes para constituir el caso. Para la recolección de datos se emplearon las técnicas de observación participante y las entrevistas semiestructuradas y como instrumento el diario de campo. Como parte de la metodología se elaboró e implementó una unidad de enseñanza potencialmente significativa, en la cual se propuso, entre otras actividades el trabajo con los sistemas de adquisición de datos, los cuales permitieron medir de forma cualitativa y cuantitativa el grado de contaminación de algunas zonas de la Institución mencionada. A través del uso de estos dispositivos, se fomentó en los estudiantes una visión crítica de ambiente respecto a la problemática de la calidad del aire en Medellín, ya que el proceso de interpretación y análisis de los datos obtenidos con las mediciones les permitió emitir juicios de valor, cuestionar las fuentes de información y proponer alternativas de solución frente a la contaminación en la ciudad, estableciendo de esta manera la relación existente entre lo social y lo natural.



1. Planteamiento del problema

La contaminación de la atmósfera es el fenómeno de acumulación de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que causan molestias o daños para la salud de las personas y otros seres vivos. En este sentido, el aire contaminado se encuentra actualmente entre una de las problemáticas ambientales más preocupantes a nivel global y local. Son diversas las causas que se asocian a este fenómeno, entre ellas, la geografía de la ciudad, incendios forestales, descomposición de la materia orgánica en el suelo, quema de combustibles vegetales y fósiles. Pero no solo de causas naturales se deriva esta problemática; la intervención humana también contribuye con actividades industriales, el crecimiento poblacional y alto flujo vehicular. A nivel global este fenómeno es advertido por la Organización Mundial de la Salud OMS (2016) con cifras alarmantes que dan cuenta de esta situación, estudios realizados demuestran que “una de cada nueve muertes en todo el mundo es resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica” (p. 15).

El aire en Medellín no es ajeno a esta preocupación de orden global e investigaciones recientes sugieren que este ha sufrido a lo largo del tiempo una desmejora significativa en su calidad, la cual se ve reflejada en el aumento de enfermedades respiratorias en la población más vulnerable como niños, adultos mayores y mujeres en estado de gestación (IDEAM, 2012). Ahora bien, teniendo en cuenta la masiva emisión de gases contaminantes a la atmósfera por parte de fuentes fijas y móviles, se suma la topografía de la ciudad de Medellín, pues esta ciudad se encuentra ubicada en el Valle de Aburrá, y al estar rodeada de montañas hace que tenga poco flujo de aire, provocando que estos gases se queden contenidos allí y se eleve los índices de contaminación del aire.



Un estudio realizado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2012) encontró que los agentes químicos que causan esta situación son: dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono troposférico (O₃) y material particulado (MP), los cuales son llamados contaminantes criterio ya que al emitirse a la atmósfera son peligrosos para la salud humana y para el ambiente (IDEAM, 2012). Otro factor importante que está relacionado con estos agentes químicos es que afectan los ecosistemas y el bienestar de las personas al influir en otras problemáticas como el calentamiento global y el cambio climático; siendo el material particulado uno de los principales causantes de que se originen estos fenómenos. Según Ek (2012) las medidas para reducir los SLCP (*Short Lived Climate Pollutants* por sus siglas en inglés) podrían ser la única manera de frenar el calentamiento global y regional a corto plazo (10-30 años) y, al mismo tiempo, proporcionar beneficios inmediatos a la calidad del aire.

De acuerdo con esto, el estado Colombiano a través de algunas corporaciones ambientales y universidades, han instalado estaciones de monitoreo para conocer la calidad del aire en las principales ciudades del país. En Antioquia por ejemplo, se han instalado estaciones de este tipo en los municipios del Valle de Aburrá, principalmente en Medellín. Además, en el 2007 se hizo un estudio para analizar la tendencia que presentan los agentes contaminantes del aire y se encontró que

...las concentraciones de partículas en suspensión total, ubicadas a las distancias habituales que utiliza la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá, efectivamente registran valores cercanos a 100 µg/m³ (80-160 m y encima de edificaciones) y son más altas a medida que se ubican más cerca de la calle, es decir, más próximas a las fuentes móviles. (Daniels *et al.*, 2007, p.203).



Se debe agregar que, las entidades estatales, ambientales y privadas han gestionado otras medidas de choque a corto plazo, para reducir el impacto generado por la contaminación ambiental; tales estrategias han sido: la implementación del pico y placa ambiental que restringe la circulación de automóviles y motos en las horas de mayor flujo vehicular en el transcurso del día, dependiendo del número de su matrícula. La instalación de zonas verdes en algunos sectores de la ciudad cerca de las estaciones del metro, también es una de estas medidas de choque. Sin embargo, expertos en el tema concuerdan en que estas propuestas no son suficientes para mitigar la problemática.

Frente a ello, conviene subrayar, que no solo es importante la aplicación de estas tácticas de choque para la ciudadanía, sino que es fundamental que estas sean incorporadas al sector educativo, a través de estrategias de enseñanza que posibiliten la reflexión en los niños y jóvenes de las instituciones educativas, de manera que puedan actuar a favor del mejoramiento del ambiente que les rodea, contribuyendo de esta forma a que el fenómeno no siga en aumento y se reduzca el impacto ambiental que este genera.

En ese orden de ideas, se busca que los docentes implementen metodologías adecuadas y pertinentes que faciliten un aprendizaje significativo crítico en sus estudiantes; es por ello, que se necesita del uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) como herramientas que posibiliten innovaciones en el ámbito escolar y favorezcan la adquisición de nuevos conocimientos alejados de modelos teóricos memorísticos y convencionales. En este sentido “las tecnologías de información y comunicación deben ser utilizadas para la transformación del ambiente tradicional de la clase buscando, a través de ellas, crear un espacio en que la producción del conocimiento sea de una forma creativa, interesante y participativa” (Kenski, 2001, citado por Marcolla, 2006, p. 64).



Igualmente, es importante fortalecer la integración de las TIC, en las cuales se distingue específicamente el uso de los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD), por las cualidades que se le atribuyen en la educación en ciencias y así aprovechar las ventajas que ofrecen, desde la comunicación interactiva, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos y experimentos, la construcción de modelos, la resolución de problemas, el acceso a la información y el manejo y almacenamiento de todo tipo de datos. Además, el uso de estas herramientas tecnológicas promueve la motivación, el interés y la participación de los estudiantes (Capuano, 2011; Marcolla, 2006; Pontes, 2005; Porto, 2006; Kenski, 2001), ya que suelen asociar el uso de ellas con actividades cotidianas, lo que implica un mayor grado de compromiso por parte de ellos con respecto al contenido que se quiere trabajar.

Por otra parte, Moreira (2005) plantea desde la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC), la posibilidad de una participación activa, reflexiva y que fomente el desarrollo de habilidades de orden superior en el estudiante, como agente transformador de su realidad y de su proceso de aprendizaje. Asimismo, propone la no utilización de la pizarra y los libros de texto, y en lugar de esto la construcción de conocimientos a partir de preguntas, reflexiones y situaciones propias del alumno, es decir, aquellas que se aproximan a su contexto más cercano y que le permiten interactuar con su entorno y solucionar los problemas que surjan de él.

Como resultado de lo planteado anteriormente, una posible estrategia didáctica puede estar asociada con el uso de SAD, ya que estos dispositivos permiten la medición de datos experimentales obtenidos con sensores de diversas magnitudes físicas, para que sean leídos automáticamente, almacenados y analizados por un ordenador personal (Gil y Rodríguez, 2001, citado por Pontes *et al.* 2006, p. 252). De acuerdo con esto, el uso de los SAD en la enseñanza y en los procesos educativos, permitiría relacionar los conocimientos teóricos inmersos en los contenidos curriculares, con los fenómenos propios del contexto en que se desenvuelven. Es



entonces importante promover su uso en los espacios escolares, a través de modelos de aprendizaje que contribuyan al desarrollo de un pensamiento crítico en torno a problemáticas ambientales que urgen de intervenciones inmediatas, para aportar a su solución.

En consecuencia, el uso de las herramientas creadas en la era digital juegan un papel importante en el desarrollo de estrategias de enseñanza; por lo tanto, Pontes (2005) afirma que estos recursos tecnológicos “favorecen el intercambio de ideas, la motivación y el interés de los alumnos por el aprendizaje de las ciencias” (p. 4) como es el caso de la calidad del aire de la ciudad, en lo relativo a algunos de sus componentes, concentraciones, causas e implicaciones; permitiéndoles de este modo comprender y reflexionar acerca de estos fenómenos.

Por lo tanto, se considera relevante la implementación de los SAD con estudiantes de octavo grado de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño de la ciudad de Medellín, ya que cuenta con zonas en las que se pueden llevar a cabo diversas actividades, entre las cuales se encuentran las mediciones con los SAD, en el marco de las prácticas pedagógicas en el área de Ciencias Naturales. Sumado a esto, la Institución Educativa tiene las condiciones necesarias para diseñar y aplicar una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa (UEPS) por el acceso a estas herramientas TIC, tales como dispositivos electrónicos, conexión inalámbrica, laboratorios, personal capacitado en el uso de tecnología, además de que se puede evidenciar en las mallas curriculares que los temas se adaptan a la temática planteada respecto a la contaminación atmosférica.

Debido a esto surge la pregunta de investigación: **¿Cuál es el aporte de los sistemas de adquisición de datos a la construcción de una visión crítica sobre el ambiente, a partir de la medición de agentes químicos que contaminan el aire?**



2. Objetivos

2.1. Objetivo general:

Analizar el aporte de los SAD a la construcción de una visión crítica de ambiente, a través de la medición de agentes químicos que contaminan el aire.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los subsumidores relevantes que tienen los estudiantes respecto a la problemática de la contaminación del aire en Medellín.
- Valorar la diferenciación progresiva de los estudiantes referente a los agentes químicos contaminantes del aire en Medellín con el apoyo de los SAD.
- Describir las diferentes visiones críticas de ambiente que se generan a partir de la implementación de la propuesta didáctica.



3. Antecedentes

La revisión de literatura que se realiza para este trabajo, se fundamenta desde la perspectiva de Hoyos (2000), en la cual se plantea que de un tema general se pueden desglosar varios núcleos temáticos referentes a la investigación; por lo que se califica este proceso como algo descriptivo, colaborativo, sinóptico y analítico; al permitir la definición de los logros, avances y alcances de la investigación, metodologías y referentes teóricos. De acuerdo con esto, el rastreo bibliográfico se divide en núcleos que guardan relación con los objetivos y propósitos de estudio planteados. Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza una revisión comprendida por un período de tiempo de 10 años (2008-2017) en las bases de datos EBSCO, Redalyc, Researchgate, Scielo, Google académico y Dialnet. Asimismo, se efectúa una búsqueda manual, que consiste en una exploración exhaustiva de artículos publicados en las siguientes revistas: *Ciência e Educação*, *Revista Bio-grafia*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Enseñanza y Pedagogía*, *Environmental Education Research*, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, *Sapiens: Revista Universitaria de Investigación y Pesquisa em Educação em Ciências* (Anexo 1); y se consideran algunos indicadores cualitativos y cuantitativos (Anexo 2), a partir de los cuales se establecen para este trabajo los siguientes núcleos temáticos

- Propuestas de enseñanza para la educación ambiental mediante el uso de TIC
- SAD y agentes contaminantes del aire
- Educación ambiental y aprendizaje significativo

Para el desarrollo de este marco de antecedentes se realiza un filtro de aproximadamente 70 artículos de los cuales 39 respondieron a los objetivos de búsqueda, Dado esto, se presenta un panorama general de lo encontrado en las Figuras 1 y 2.

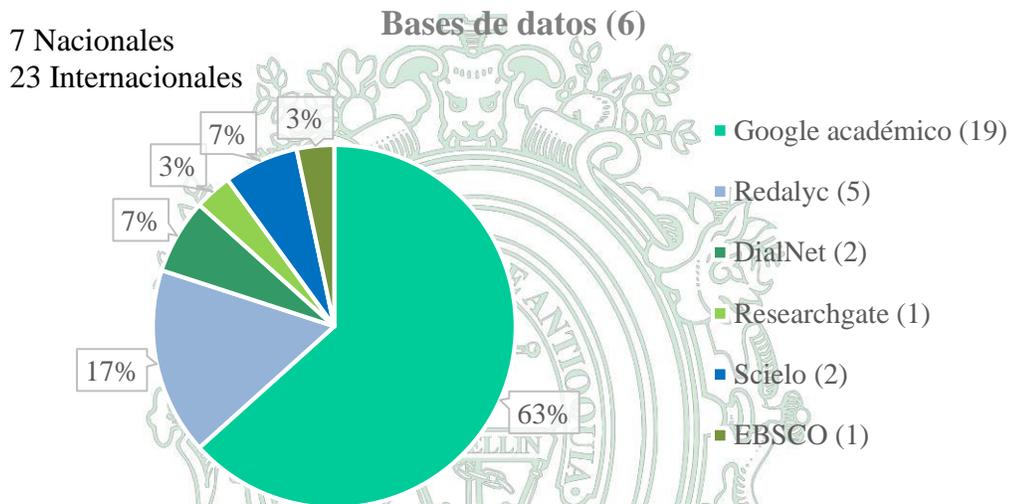


Figura 1. Síntesis de los documentos encontrados en las bases de datos. Fuente: Elaboración propia

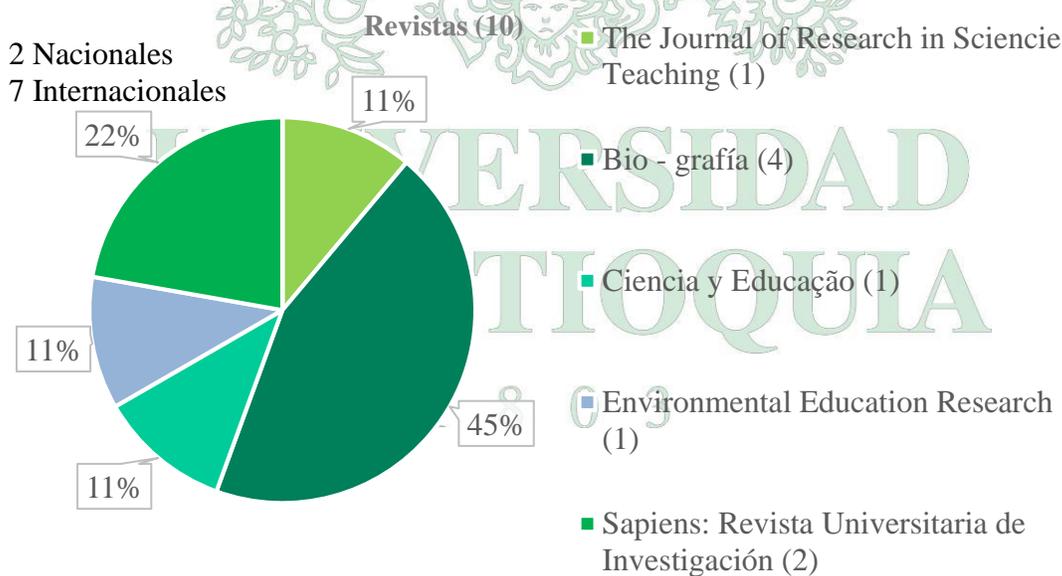


Figura 2. Síntesis de revistas rastreadas manualmente. Fuente: Elaboración propia



Seguido de esto se describen los hallazgos para cada uno de los núcleos temáticos.

3.1. Propuestas de enseñanza para la educación ambiental mediante el uso de las TIC

En el desarrollo de este núcleo temático se tiene en cuenta de todos los documentos seleccionados, 16 unidades de análisis que comprenden tanto artículos como tesis de grado y memorias de congresos. Adicionalmente, se identifica la noción de ambiente que tiene cada uno de los autores que se traen a colación y desde qué corriente de educación ambiental se enmarca su trabajo. De acuerdo con esto, Sauvé (2005) señala que hay 15 corrientes de Educación Ambiental (EA) de las cuales 7 son tradicionales (la corriente naturalista, conservacionista / recursista, resolutiva, sistémica, científica, humanista y moral /  tica) y 8 más recientes (la corriente holística, bio-regionalista, práctica, crítica, feminista, etnográfica, de la eco-educación y la de sostenibilidad / sustentabilidad). Al respecto expresa que las corrientes no son excluyentes entre sí, sino que pueden dialogar la una con la otra. En consecuencia, expone que

La noción de corriente se refiere aquí a una manera general de concebir y de practicar la educación ambiental. A una misma corriente, pueden incorporarse una pluralidad y una diversidad de proposiciones. Por otra parte, una misma proposición puede corresponder a dos o tres corrientes diferentes, según el ángulo bajo el cual es analizada. (p. 1)

Es por esto, que un autor no necesariamente se posiciona en una sola corriente, sino que puede adoptar premisas de varias de ellas. En consecuencia, se encuentra que en una de las investigaciones el autor se instaura en la corriente socio-crítica, ya que la metodología utilizada en su trabajo busca propiciar actitudes y valores ambientales, sentido de pertenencia y conciencia mediante el uso de nuevas estrategias de enseñanza, como es el caso de las TIC (Galindo, 2015). En relación con la corriente práctica, en los trabajos analizados se concibe la EA como una tarea



que involucra a toda la comunidad, ya que estos autores afirman que los aspectos ambientales deben ser abordados desde diferentes áreas profesionales y campos laborales y que, por tanto, es un ejercicio interdisciplinario (Zabala y Villalobos, 2010; Badillo, 2011; Orjuela, Osorio y Parra, 2016 y Galindo, 2015).

Por otro lado, Cabero y Llorente (2005) y Ojeda, Gutiérrez y Perales (2011), piensan la EA desde la corriente ético/moral, que se funda en la adquisición de valores sociales como el respeto a la vida, la solidaridad, la atención a la diversidad y la necesidad de la convivencia, así como también a actitudes, aptitudes y mayor sensibilidad por el medio ambiente en general. Desde otra perspectiva, Corbetta, Sessano y Kransmanski (2012) y Castillo, Menco y Zambrano (2015), hacen alusión a una concepción de ambiente desde la corriente holística, pues aprecian las diferentes dimensiones del ser humano en relación con un ámbito social, biológico, cultural con respecto a una o varias problemáticas ambientales.

Por su parte, Pachón (2014) no solo se instala bajo la corriente práctica como algunos de los autores mencionados sino también en la de sustentabilidad, pues propone la acción y participación de las personas, para plantear soluciones a problemas ambientales de su contexto, de modo que se promueva desde la educación ambiental la formación de sujetos más activos. Desde otro ángulo, Suarez (2010) se inscribe en una corriente naturalista y científica al proponer un enfoque educativo inclinado hacia el cognitivism, donde predomina más la parte conceptual. Aunque no se evidencia explícitamente una concepción de ambiente, en esta misma línea, Charrier y Rognone (2013), Paredes y Arruda (2012) y Afanador y Valbuena (2017) se apuntan a una corriente científica al dar preponderancia en sus trabajos a temas relacionados con ciencias del medio ambiente, haciendo alusión de nuevo a la parte conceptual.

En contraste, Brandao, Frenedo y Sávio (2015) tienen un concepto inteligible de educación ambiental asociado a una corriente sistémica, pues la plantean en relación con el desarrollo



personal del ser humano y de una conciencia ambiental, igualmente se refieren a la resolución de problemas que surgen y que nos afectan en todas las dimensiones; por todo esto, consideran que la EA es un tema interdisciplinar que involucra la toma de decisiones.

Ahora bien, teniendo en cuenta los autores mencionados anteriormente, así como las corrientes de EA en las que se encuentran sus trabajos, nos concentraremos en las siguientes líneas en poner en diálogo esas convergencias y divergencias en torno al uso e importancia de las TIC en la EA.

En consecuencia, tenemos que con la incorporación de las TIC en la enseñanza, se han realizado varias publicaciones acerca de las ventajas que estas tienen cuando son llevadas al aula de clase con una mirada ambiental. Investigaciones como las de Cabero y Llorente (2005) y Castillo, Menco y Zambrano (2015) describen por qué es importante este tipo de enseñanza con el fin de propiciar cuidado y respeto por el medio ambiente, así como el fortalecimiento de actitudes para la preservación de este, no solo en lo académico, sino desde lo público y privado. Zabala y Villalobos (2010) añaden que este tipo de enseñanza es la ideal para incorporar valores de ambiente con criterios en la toma de decisiones de políticas ambientales dentro de los procesos de desarrollo económico y social, pero coincide con Galindo (2015) al señalar que este tipo de formación se ve frenada por intereses económicos, políticos y privados.

Si bien es cierto que la EA es importante por las razones mencionadas con anterioridad, la influencia de las TIC en esta es de interés, por lo que Zabala y Villalobos (2010) sostienen que estas “ilustran el principio de información para la acción” (p. 177) y que mediante ellas se puede conocer e intentar mitigar las problemáticas ambientales presentes en la actualidad, y de lo que está por venir (Pachón, 2014). Aparte de esto, la enseñanza desde una perspectiva ambiental propiciada por las TIC promueve el trabajo colaborativo e interdisciplinar necesario para abordar los problemas ambientales como asuntos comunes que no deben afectar a unos pocos; por el



contrario, deben ser de interés general porque el hombre está en constante interacción con la naturaleza (Galindo, 2015).

Este último autor junto con Castillo, Menco y Zambrano (2015), sostienen que se deben aprovechar los recursos y herramientas tecnológicas con el objetivo de reforzar conocimientos en esta área que permitan el diseño, desarrollo y aplicación de proyectos que potencien el sentido de pertenencia y conciencia ambiental, como estrategias pedagógicas diseñadas por el docente en su labor formativa. Orjuela, Osorio y Parra (2016) añaden también que las TIC en este sentido deben “fortalecer las competencias y aprendizajes significativos que desde el área de ciencias naturales se pueden aprovechar frente al cuidado del medio ambiente” (p. 14). Además, Charrier y Rognone (2013) rescata el fortalecimiento del trabajo colaborativo por medio de la enseñanza con las TIC. En consonancia con lo anterior, Suarez (2010) afirma que se “favorecen procesos de análisis, proposición, interpretación, argumentación, entre otros” (p. 14) al permitir clases más dinámicas, desarrollo de habilidades comunicativas, formación de redes de estudiantes y acceso a fenómenos de difícil observación. Bajo esta misma línea, Afanador y Valbuena (2017) incorporan ventajas como gestión en el aula y actividades lúdicas que favorecen el aprendizaje.

Ahora bien, dentro de este núcleo temático es importante destacar los trabajos que varios autores han realizado y las propuestas que se vienen utilizando para enseñar temáticas ambientales, así como los usos que se le han dado a estas dentro del campo educativo, siendo la producción y edición de vídeos, recursos electrónicos y multimedia (Galindo, 2015; Charrier y Rognone, 2013), microscopios USB (Suntaxi, 2015), simulaciones y acciones a través de internet desde lo audiovisual, informático y telemático (Cabero y Llorente, 2005) ejemplos de esto.

Además de lo anterior, en algunos de los trabajos rastreados surgieron varias propuestas educativas en el marco de la EA con recursos tecnológicos, las cuales comprendieron buscadores medioambientales, eco foros, blogverde y páginas web, desarrolladas todas ellas en torno a



problemáticas ambientales tales como el calentamiento global, conservación de la biodiversidad, uso racional del agua, incendios forestales, entre otras. Se debe agregar que se realizaron actividades como revisiones documentales (Afanador y Valbuena, 2017), talleres en redes sociales como Facebook (Badillo, 2011), diseños de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) (Orjuela, Osorio y Parra, 2016), trabajo con el software Hagáquê (HQ) (Brandao, Frenedo y Sávio, 2015) para realizar historietas y aplicaciones para generar mapas conceptuales, portales interactivos en torno al cuidado del medio ambiente, laboratorios virtuales y construcción de comunidades virtuales (Castillo, Menco y Zambrano, 2015) todas estas con el fin de emprender campañas y proyectos en defensa de nuestro entorno.

De otro lado, hay que anotar que la educación a distancia es el uso más reiterado dentro de este sondeo bibliográfico debido a que, tal como lo destaca Badillo (2011), “el texto no llega a todas las instituciones educativas” (p.2), bien sea por su ubicación geográfica o por la escasez de recursos para la obtención de información física y actual. Autores como Roquet (2008), concuerdan con Galindo (2015), Badillo (2011) y Ojeda, Gutiérrez y Perales (2011), al afirmar que las TIC en este tipo de educación, promueven el aprendizaje independiente y estimula el deseo por aprender; o como lo llaman Paredes y Arruda (2012), el aprendizaje autónomo. En virtud de esto, la utilidad de las TIC en la educación ambiental a distancia es descrita del mismo modo por Zabala y Villalobos (2010) como una enseñanza que “amplía sus fronteras en aras de obtener una panorámica más completa de la situación actual que influye en el ambiente” (p.6) y también en la conciencia ambiental.

A pesar de reconocer las ventajas del uso de las TIC en los espacios escolares alrededor de temáticas ambientales, varios autores reflexionan y ponen en duda el papel de éstas sin una intencionalidad clara en los currículos y en el uso que el docente les da. Corbetta, Sessano y Krasnanski (2012) y Paredes y Arruda (2012) consideran que estas herramientas, no son lo más



importante sino la forma de utilizarlas, teniendo en cuenta aspectos didácticos; ya que no es posible que las herramientas de las TIC por sí solas se antepongan al hombre, a sus intereses, creencias y acciones, porque es a través de su uso que se pueden propiciar cambios en la población y en sus contextos.

En este sentido, Zabala y Villalobos (2010) añaden que por medio de las TIC se pueden fomentar “cambio de hábitos, valores ambientales y sensibilización frente a las problemáticas actuales” (p. 9). Por su parte, Badillo (2011) señala que el uso de las TIC debe hacerse de forma “constructiva y crítica” desde todos los entornos sociales que facilite no solo la difusión, sino el diálogo en aras de mejorar la calidad de vida de quienes intervienen en ella. De acuerdo con esto, Pachón (2014) agrega que integrar las TIC con la EA, promueve consolidación de sujetos sociales más activos e interesados en los problemas que suceden a su alrededor, y que, como lo mencionan Brandao, Frenedo y Sávio (2015), “pueden relacionar el conocimiento sociocultural experimentado todos los días con la importancia de la preservación del medio ambiente” (p. 1268). No obstante, Paredes y Dias de Arruda (2012) manifiestan que “las TIC se utilizan de manera general, inespecífica y poco organizada” (p. 353), por lo que la propuesta que se presenta en este trabajo buscó solventar este tipo de dificultades y establecer relaciones entre las TIC y la EA que evidencien su potencialidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

3.2. Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y agentes contaminantes del aire

Para este núcleo temático se abordan 14 unidades de análisis, de las cuales solo se encontraron dos en el medio escolar y el resto corresponde a investigaciones en otros ámbitos. En respuesta a lo que se plantea en este apartado, es importante distinguir los agentes contaminantes que afectan directamente la salud humana, en relación a esto, desde estudios sobre contaminantes atmosféricos y su correspondiente monitoreo; Aránguez *et al.* (1999), Toro y



Marín (2006), *Atlantic Consulting* (2009) y Acevedo *et al.* (2013), coinciden en afirmar que entre los agentes responsables de la contaminación del aire, se puede distinguir principalmente cinco, los cuales son los denominados contaminantes criterio: monóxido de carbono (CO), ozono troposférico (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado (MP).

La afectación que estos agentes contaminantes causan en la salud humana no solo se debe a su estructura química y al ambiente en el que están, sino a las características geográficas de la zona en la cual se pueden concentrar. Es por ello que de acuerdo a la norma ambiental de calidad del aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombiano, 2018) es importante monitorear los índices de estos contaminantes en el aire y saber con esto, cuál es su calidad en determinado lugar y las afectaciones que puede ocasionar en la salud de los niños y adolescentes, lo que se expone específicamente en el artículo 17 de los derechos básicos de los niños y adolescentes, derivado del derecho a la vida, calidad de vida y a un ambiente sano para esta población.

Por lo anterior, se presenta en este núcleo una revisión bibliográfica acerca del papel de los sensores como recursos TIC en la medición de agentes contaminantes en el aire, los cuales al ser acoplados con un sistema de adquisición de datos pueden arrojar información sobre variables ambientales de un fenómeno determinado que pueden ayudar a conocer, comprender y analizar su estado de contaminación. De acuerdo con Zabala y Villalobos (2010) las TIC permiten conocer a mayor profundidad las problemáticas y actuar más rápida y eficazmente, razón por la cual se eligen estas mediaciones educativas como propósito de este trabajo.

En este orden de ideas, en el ámbito educativo de nuestro país, solo se encuentran algunos estudios que hacen uso de estos dispositivos con otras problemáticas conexas como la calidad del agua o el cambio climático, pero no propiamente con la calidad del aire. Respecto a la calidad



del agua se halla el trabajo de Nolla, Olivera y Lara (2013), cuyo objetivo es implementar una estrategia innovadora en la enseñanza de las ciencias “utilizando sensores a través de una visión interdisciplinaria y del trabajo interinstitucional” (p. 5). Frente al cambio climático se encuentra el trabajo de Yepes y Silveira (2011) que demuestra la utilidad de estas tecnologías para comprender las respuestas que presentan las plantas ante dicho fenómeno.

Ahora bien, pese a no localizar estudios en el ámbito educativo específicamente, sí se ubicaron varios trabajos sobre la medición de agentes contaminantes en el aire con sensores en otros contextos internacionales no educativos. Así entonces, en Venezuela se considera el trabajo de Escalona, Manganiello, López y Vega (2012), en el cual se realiza una revisión bibliográfica acerca de la utilidad de los sensores químicos en el control de gases contaminantes, pues describen

... los sensores químicos como una herramienta de alta utilidad en el diseño de sistemas de control y monitoreo, ya que pueden ser colocados en el sitio donde se está produciendo la contaminación generando lecturas a tiempo real permitiendo de esta manera una evaluación inmediata de la problemática existente (p. 3).

Entre los sensores químicos destacan los piezoeléctricos, electroquímicos y ópticos; de todos ellos Carranco y Salgado (2017) enfatizan en los sensores electroquímicos, que de acuerdo con Escalona *et al.* (2012) se pueden diferenciar en tres: los potenciométricos, voltimétricos y conductimétricos; ambos estudios resaltan la importancia que éstos tienen para la medición de agentes contaminantes por su especificidad en la detección de cada agente criterio en términos de porcentaje y concentración para su posterior análisis sobre sus efectos en la salud y en el ambiente. No obstante, de todos ellos, los sensores cuyo uso en la medición de agentes químicos fue más amplio, fueron los conductimétricos que medían principalmente el NO₂, el cual es uno de los contaminantes criterios más perjudiciales para la salud, que según la norma de calidad del



aire produce irritación en los pulmones. Cabe resaltar que este químico es emitido principalmente por la combustión de los vehículos.

Por su parte, en España se encuentran los trabajos de Hidalgo, Gómez, Sastre, Sanz y Bécares (2012) y de Alvear *et al.* (2015). El primero propone una red de sensores de calidad del aire para una gestión sostenible del tráfico, los cuales emplean un amplio tejido de sensores en zonas estratégicas de la ciudad (Valladolid) permitiendo de esta forma aumentar considerablemente la monitorización de los contaminantes del aire al coexistir con los sistemas de medición ya disponibles en dichas áreas. Lo anterior conlleva a la gestión de un modelo estadístico de predicción de la contaminación atmosférica apoyado por los SAD. En este sentido, el segundo trabajo, realizado en la ciudad de Valencia, y se enfoca en el comportamiento de contaminantes gaseosos mediante su monitoreo constante por medio de sensores acoplados a sistemas de adquisición de datos.

Ambos trabajos recalcan la importancia del uso de sensores de gama baja que, pese a sus imprecisiones, pueden ser de gran ayuda utilizando datos históricos y la infraestructura existente para calibrar las lecturas y ajustar las mediciones a los valores reales. Esto se propone, ante la imposibilidad de conseguir sensores de alta gama que son muy costosos, lo que ofrece oportunidades para sectores de escasos recursos en la medición de los contaminantes atmosféricos. Los contaminantes seleccionados para ser monitoreados a través de la red extensa de sensores fueron el CO, NO₂, O₃, partículas y ruido, todos ellos generados por el tráfico de las ciudades que perjudican la salud humana y los ecosistemas.

Además, en el contexto español también se deja ver el trabajo publicado por la Fundación Mapfre (2013) acerca de los contaminantes en el aire y sus efectos en la población más vulnerable, en el cual se indica que la ubicación de algunos colegios y escuelas infantiles es un riesgo, debido a que están expuestos a la contaminación atmosférica al estar situados en lugares



con alto flujo vehicular, ya que son las fuentes móviles que aportan gran parte del material contaminante.

En este sentido, se tiene el trabajo de Pin-Tene (2015) desarrollado en Guayaquil – Ecuador que al igual que los estudios anteriores, también aborda el análisis de los gases contaminantes en su ciudad a través de sensores acompasados a SAD. En el mismo contexto se encuentra el trabajo de Carranco y Salgado (2017) realizado en la ciudad de Cuenca, en el que utilizan una red de sensores como sistema de monitoreo de calidad del aire y ruido ambiental para la determinación de índices de contaminación, señalando que los sensores efectivamente sirven para generar indicadores de referencia de calidad del aire, pese a que, al no ser aceptados para fines regulatorios, porque aún no han sido evaluados en cuanto a la exactitud de sus mediciones, “se aplican más en proyectos de concientización o caracterización referencial de los niveles medidos de ruido o calidad del aire” (p. 81). Por su lado, en Quito, está el trabajo de Suntaxi (2015) sobre el diseño y construcción de un prototipo portátil de monitoreo ambiental, mediante un sistema autónomo de adquisición de datos con comunicación USB hacia un PC. Los dispositivos utilizados midieron SO_2 , N, CO y O_3 .

Precisamente, respecto a este último trabajo, uno de los estudios ya mencionados en el contexto español destaca que:

...los sensores de calidad de aire portables y de bajo costo están proporcionando una oportunidad para que se utilice esta tecnología en una amplia gama de aplicaciones más allá del tradicional monitoreo regulatorio o equivalente, sin embargo, muchos de los sensores de contaminación atmosférica están todavía en una etapa temprana de desarrollo (Hidalgo *et al.* 2012, p. 44).

Además, en este mismo estudio sobresale el papel de los sensores electroquímicos, los cuales también son estudiados en el trabajo realizado en Venezuela, para la detección de gases tóxicos,



principalmente, dos de los agentes contaminantes criterio más perjudiciales para la salud humana, tales como el monóxido de carbono y el dióxido de nitrógeno.

En síntesis, todos estos estudios demuestran que el papel de los sensores acoplados a sistemas de adquisición de datos para la medición de agentes químicos contaminantes del aire, sobre todo de aquellos que son llamados contaminantes criterio posibilitan las bases suficientes para conocer si los estándares de calidad del aire están mejorando o por el contrario empeorando. Con ello se estaría logrando determinar si las normas sobre calidad del aire se están cumpliendo respecto a las condiciones normales y admisibles que deben encontrarse los agentes químicos en la atmósfera, y contribuyen a determinar la emisión de fuentes nuevas de contaminación. Además, debe considerarse basados en la revisión efectuada que, aunque el uso de sensores se aplica más en proyectos de concienciación y en la determinación de niveles de concentración de los contaminantes en el aire, no se ha tomado en cuenta trabajar con ellos en el ámbito educativo para generar un mayor impacto en los estudiantes sobre los alcances de la contaminación atmosférica, que es en últimas, nuestro propósito trazado.

A continuación, en la Tabla 1 se sintetiza la información proporcionada en este núcleo temático en cuanto a los tipos de sensores utilizados en los trabajos que se referenciaron, así como también los gases contaminantes del aire que se midieron con ellos y los principales resultados encontrados en su uso.



Tabla 1. Síntesis de la información presentada en este núcleo temático (*elaboración propia*)

Tipo(s) de sensor(es)	Agentes químicos contaminantes del aire que se midieron	Resultados
Piezoeléctricos, electroquímicos (que pueden ser potenciométricos, voltimétricos, conductimétricos) y ópticos.	Detección de contaminantes criterio (CO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ y MP)	Los sensores cuyo uso en la medición de agentes químicos fue más amplio, fueron los conductimétricos que medían principalmente el NO ₂ , el cual es uno de los contaminantes criterios más perjudiciales para la salud. Este tipo de sensor tiene además la capacidad de detectar otros gases altamente tóxicos.
Sensores de gama baja.	CO, NO ₂ , O ₃ , partículas y ruido	Con esta red de sensores aumentó considerablemente la monitorización de los contaminantes del aire al coexistir con otros sistemas de medición. Se encontró además que los sensores de baja gama pese a sus imprecisiones pueden ser de gran ayuda utilizando datos históricos y la infraestructura existente para calibrar las lecturas y ajustar las mediciones a los valores reales, por lo que sirven en efecto para generar indicadores de referencia de calidad del aire posibilitando las bases suficientes para conocer si los estándares de calidad del aire están mejorando o por el contrario empeorando.
Prototipo portátil de monitoreo ambiental, mediante un sistema autónomo de adquisición de datos con comunicación USB hacia un PC.	CO, SO ₂ y O ₃	Los sensores de calidad de aire portables y de bajo costo están proporcionando una oportunidad para que se utilice esta tecnología en una amplia gama de aplicaciones más allá del tradicional monitoreo regulatorio o equivalente por lo que contribuyen también a determinar la emisión de fuentes nuevas de contaminación.

3.3. Educación ambiental y aprendizaje significativo

De acuerdo con los intereses que se plantearon para este núcleo temático se hallan 8 documentos concernientes a la relación que hay entre la EA y la teoría del aprendizaje significativo (TAS), aunque el referente de este trabajo sea la TASC. Esto se debe a que no se encontró artículos o documentos que la relacionen con la EA. Con esta revisión se muestra el estado en el que se encuentra la propuesta de integrar el aprendizaje significativo de Ausubel en la formación de los estudiantes con respecto a la EA.



En consecuencia a lo anterior, Guruceaga y González (2004) plantean que la EA como proceso de formación contribuye al fomento de valores y actitudes en torno al cuidado del ambiente, sin embargo, enfatizan en que para lograr una mayor conciencia sobre las problemáticas ambientales es necesario articular los contenidos de la EA con un aprendizaje significativo en los estudiantes, con el fin de lograr un cambio de actitudes y comportamientos hacia el ambiente. Vale resaltar que desde la perspectiva de Moreira (1997) y Ausubel (1983) estos autores hacen alusión al aprendizaje significativo como aquel que posibilita a los estudiantes de manera no arbitraria relacionar lo que ya saben con la nueva información que reciben.

En este sentido, Echarri y Puigi (2008) argumentan que “la educación ambiental promueve una educación en valores en torno al conocimiento y respeto del medio ambiente, por lo que la teoría del aprendizaje significativo está muy reconocida como base para fomentar el aprendizaje en el proceso educativo” (p. 29), en tanto que se logre desde una mirada constructivista fomentar en los educandos principios y aptitudes hacia el cuidado del ambiente y comprometerlos emocionalmente con el mismo, considerando que así ellos puedan relacionar con más fuerza los conceptos existentes en su estructura cognitiva con los nuevos que están aprehendiendo.

Cabe señalar que, en ambos estudios mencionados, las estrategias empleadas para lograr este tipo de aprendizaje en los estudiantes coincidieron en la construcción de mapas conceptuales, de este modo Echarri y Puigi (2008) plantean que estos son “instrumentos eficaces para aumentar los conocimientos de los estudiantes e influir en sus conductas” (p. 30). Por su parte Guruceaga y González (2004) sostienen que “el mapa conceptual nos muestra fundamentalmente una imagen esquemática y puntual del conocimiento de un alumno acerca de un tema concreto, siendo un instrumento que revele el grado de aprendizaje significativo llevado a cabo por él” (p. 117).



Además, hacen énfasis en la idea de que la EA a través del aprendizaje significativo debe responder a tres condiciones mínimas.

La primera de ellas hace referencia al proceso que debe tener el estudiante en torno a este aprendizaje para poder así dar cumplimiento. La segunda, que se refiere a las relaciones que puede establecer desde su aprendizaje con los conceptos más relevantes en materia ambiental que le permitan comprender el entorno que le rodea, tomando en cuenta para ello la teoría de aprendizaje de Ausubel. Como tercera condición se encuentran los materiales de instrucción escolar, entre los cuales destacan además de los mapas conceptuales, la uve de Gowin y la entrevista piagetiana modificada. Se trabajan conceptos tales como desertificación, erosión del suelo, entre otros, lo que da lugar a decir que hay otras temáticas igual de importantes y muy relacionadas, que aún no se abordan en la EA, como lo es la calidad del aire. Lo encontrado en estos estudios permite vislumbrar que los estudiantes se pudieron acercar mucho más a las problemáticas ambientales estudiadas y comprenderlas mejor.

En este orden de ideas, es importante aludir a lo señalado por Echarri y Puigi (2008) respecto a la importancia del aprendizaje significativo en la EA, pues posibilita que el estudiante no sólo cambie sus actitudes y valores, sino que le confiera significado a lo que aprende al encontrarlo relacionado con lo que sucede a su alrededor, influyendo esto en su toma de decisiones y en una participación más activa por parte de él, dándose en consecuencia también una educación emocional determinante en su formación ambiental. Por lo anterior, se tiene que “si se consiguen aprendizajes más significativos, que integren el factor emocional, será más fácil promover los cambios en las actitudes propuestos por la EA. Así se impulsará una educación que integre adecuadamente «pensamiento, sentimiento y acción»” (Gowin, 1981, p. 11 citado por Echarri y Puigi, 2008, p. 32).



Agregado a lo anteriormente expuesto, la revisión de antecedentes para este trabajo no solo ha posibilitado identificar la ausencia de estudios desde el aprendizaje significativo crítico, el aprendizaje significativo y la EA, sino que ha permitido encontrar publicaciones referentes al pensamiento crítico relacionado con el TASC que exponen varios puntos en común que son congruentes con esta teoría. Por lo tanto, esto ha ampliado el panorama en búsqueda de publicaciones que resalten rasgos de criticidad en la EA para que promuevan una alfabetización ambiental (Roth, 1992; Adler, Zion y Mevarech, 2016 y Lin, 2014) encaminada a un pensamiento autónomo y crítico acerca de los problemas ambientales, que permita desarrollar la habilidad de toma de decisiones en torno a los problemas que aquejan al medio ambiente. En esta misma línea, Lin (2014) sostiene que es fundamental una alfabetización en ciencias que vincule la metacognición, el pensamiento crítico, el lenguaje y las TIC.

De acuerdo con esto, investigaciones como las realizadas por Adler, Zion y Mevarech (2016) permiten recoger comportamientos favorables de los estudiantes en relación con el manejo de los residuos sólidos, apoyados también en cuestionarios ambientales dándole relevancia a la formulación de preguntas, que también son importantes para la investigación desarrollada por Zoe y Cundill (2015), donde trabajan con el método socrático y el aprendizaje basado en investigación. Estos estudios permiten destacar como habilidades de pensamiento crítico, el trabajo colaborativo, la capacidad reflexiva y la toma de conciencia; acentuando su énfasis en la adquisición de valores ambientales y actitudes respetuosas como norma social, que son aspectos relevantes del pensamiento crítico. Ambas investigaciones se fundamentan en un análisis de contenido y de discurso y observación participante; a partir de las respuestas y reflexiones de los estudiantes.

Desde esta lógica, Alvarado y García (2008) y Zoe y Cundill (2015) sostienen que también que es importante incluir la comunidad en la toma de conciencia que no solo favorezca el



respeto, sino que además se vea involucrada la escucha y sensibilidad por el conocimiento del otro, ya que es desde aquí donde se originan las necesidades y posibles soluciones que los aquejan. Alvarado y García (2008) añaden el menester de generar espacios de reflexión pedagógica en los docentes, de tal modo que puedan transformar la praxis pedagógica y así separarse de modelos tradicionales hegemónicos en la enseñanza de la EA. En consecuencia, estos mismos autores destacan que el pensamiento crítico debe estar respaldado por la capacidad argumentativa de los estudiantes para ser frente a los retos medioambientales, tales como el cambio climático, la gestión de recursos naturales y los ecosistemas.

Por su parte, Oliveira, Akerson y Oldfield (2012) destacan la importancia de tomar en cuenta la argumentación del medio ambiente como algo socio – cultural, es decir, esta se entiende como “un proceso de negociación discursiva oral de dilemas ambientales entre los niños” (p. 869), esos dilemas ambientales predominan en torno a las problemáticas con animales y medio ambiente.

En resumen, y tomando en cuenta los trabajos encontrados, se puede decir que posiblemente el aprendizaje significativo con relación a la EA ha sido poco explorado, por consiguiente en la TASC al ser más nueva se hizo más complejo su hallazgo, lo que hace imperante ahondar más acerca de este tema y proponer estrategias diferentes a las propuestas por los autores mencionados.



4. Marco teórico

Para efectos de este trabajo, se realiza un rastreo teórico con el fin de tener un panorama relacionado con los estudios y trabajos que definen algunos de los conceptos que se abordan a lo largo de esta investigación; es por ello que se hace alusión a nociones como la TASC de Marco Antonio Moreira, TIC en la enseñanza de las ciencias, las corrientes de la EA, entre otros (Anexo 3). En ese orden de ideas, se presentan a continuación las cuatro categorías que constituyeron nuestro marco teórico, las cuales son:

- La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico
- Tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias
- Contaminación atmosférica y agentes químicos que la producen
- Corrientes de educación ambiental

4.1 La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

Los modelos tradicionales de enseñanza y aprendizaje se caracterizan por asignar al estudiante un papel estático y receptivo, de acuerdo con esto Moreira (2012) expone que “el aprendizaje mecánico no tiene significado, es puramente memorístico que sirve para los exámenes y en seguida es olvidado y borrado” (p. 11). Si bien es cierto que este modelo de enseñanza aprendizaje ha sido cuestionado por muchos años a causa de su operatividad y arbitrariedad, es el modelo hegemónico en la escuela contemporánea. De ahí que, estas corrientes tradicionales, no integren los conocimientos previos de los estudiantes al conocimiento que de él se puede generar, además de que los consideran irrelevantes al momento de generar ideas sobre algo en particular. Contrario a esto, Ausubel (1963), propone una teoría llamada Aprendizaje



Verbal Significativo donde el conocimiento previo es la variable más importante dentro de los procesos de aprendizaje, por lo que resulta en un conocimiento significativo y relevante. En palabras de Moreira (2005) “todos reconocemos que nuestra mente es conservadora, aprendemos a partir de lo que ya tenemos en nuestra estructura cognitiva” (p. 5).

En esta misma dirección, con el sustento teórico aportado por la teoría de Ausubel, Moreira (2005) resignifica la enseñanza como actividad subversiva expuesta por Postman y Weingartner (1969) en términos de aprendizaje significativo crítico, debido al conflicto que generó la palabra subversión en el medio y en la época. El constructo retomado por Moreira que propone un individuo en sociedad con postura crítica frente a la misma y que asuma actitudes que lo alejen de la pasividad de ser sólo espectador en ésta. De acuerdo con Moreira (2005) “a través del aprendizaje significativo crítico es cómo el alumno podrá formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, no ser subyugado por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías” (p. 88), por lo que complementa lo trabajado por Ausubel donde los procesos de enseñanza tengan como finalidad potenciar pensamiento crítico en los alumnos de forma que puedan adaptarse a las nuevas necesidades que se forjan en la sociedad.

Sumado a lo anterior, Moreira retoma de Ausubel el concepto subsumidor como fundante para la premisa de aprendizaje significativo, pues son ideas que se anclan en la estructura cognitiva del estudiante, al ser una mediación entre lo que sabe y lo que va aprender, constituyéndose en conocimientos relevantes que son el punto de inicio para el nuevo aprendizaje, aunque en algunas ocasiones esta relación se complejiza, ya que en la estructura mental del estudiante se fijan ideas irrelevantes que se convierten en obstáculos epistemológicos que no permiten la comprensión lógica del nuevo significado (Bachelard, 1948).

En esta medida, en la TAS se facilita la asimilación de lo aprendido a través de material potencialmente significativo que influye en las construcciones y reestructuraciones que realiza el



alumno, toda vez que cumpla con dos condiciones fundamentales: “ser relacionable con una estructura cognitiva apropiada y que el estudiante tenga ideas-ancla relevantes con las cuales se pueda relacionar ese material de forma no arbitraria y no-literal” (Moreira, 2012, p. 36). De acuerdo con esto, para que exista un aprendizaje significativo se hace importante la utilización de este tipo de recursos, los cuales deben contar con un alto grado de intencionalidad por parte del docente al momento de la presentar el conocimiento a los estudiantes. Es conveniente resaltar, que esta captación no sucede sin que haya una predisposición al aprendizaje y a las temáticas abordadas (Gowin, 1981, citado por Moreira, 2005, p. 6).

Se debe agregar, que para que exista un aprendizaje significativo en términos de Ausubel, pero reanudados por Moreira, se requiere de unos principios programáticos o facilitadores en los procesos de asimilación y retención del conocimiento, estos son: la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora, la organización secuencial y la consolidación; el primero consiste en la progresividad del aprendizaje de una materia de enseñanza que se deriva de ideas generales y relevantes que a medida que se va introduciendo el conocimiento de manera detallada y con aspectos diferenciados, es decir, tienen un grado de jerarquización. En este orden de ideas, los subsumidores relevantes modificados permiten organizar el conocimiento, que cuando se da repetidamente, se conduce a la diferenciación progresiva del saber.

El segundo hace referencia, a la conciliación de ideas que tienen inconsistencias entre lo que se sabía y lo aprendido, así como la identificación de semejanzas y diferencias entre los temas abordados, de forma que el estudiante reconozca por medio del lenguaje dichas discrepancias y la evolución e interiorización de estos conocimientos.

El tercero radica en la organización secuencial del conocimiento de forma clara y coherente, donde se fomenta el aprendizaje de nuevas ideas estando relacionadas unas con las otras. El último de los principios alude a la asimilación del aprendizaje significativo, de tal modo que el



estudiante logre divulgar y transferir en situaciones diferentes a la escuela, lo aprendido por medio del lenguaje, así como también consiga identificar relaciones entre conceptos. Es necesario recalcar que para efectos de este trabajo se hace hincapié en los dos primeros principios facilitadores.

Con relación a lo expuesto anteriormente se plantean una serie de principios que fundamentan la TASC propuesta por Moreira (2005); dichos postulados son:

- **Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas.**

Este se basa en la interacción entre los estudiantes y el maestro mediante el diálogo, la negociación de significados y la generación de preguntas sin respuestas inmediatas.

- **Principio de la no centralización en el libro de texto. Del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos.**

Aquí se hace alusión al hecho de que la enseñanza debe ser enriquecida con diversas estrategias que pueden estimular los aprendizajes de los estudiantes mediante otros recursos a parte de los libros de texto que muestran verdades absolutas y facilita el aprendizaje mecánico.

- **Principio del aprendiz como perceptor/representador.**

Destaca el papel del alumno que es quien modela y representa el mundo que lo rodea en la medida en que lo percibe.



- **Principio del conocimiento como lenguaje.**

Teniendo en cuenta el principio anterior, éste plantea que en la percepción de los estudiantes está implicado necesariamente el lenguaje como una extensión del saber y no solo se puede limitar al habla, por tanto, adquirir conocimiento en ciencias es explorar otras formas de lenguaje.

- **Principio de la conciencia semántica.**

Está muy relacionado con el previamente mencionado, pero considera sustancial tener en cuenta que las palabras por sí solas no tienen ninguna connotación ya que adquieren significados en la medida en que las personas las interpretan de acuerdo con su representación del mundo.

- **Principio del aprendizaje por el error.**

Principio que entiende el error como algo natural, y destaca que el conocimiento se genera tanto de las ideas previas como de la corrección de los errores. Es por ello que no se puede pensar en ideas verdaderas y absolutas.

- **Principio del desaprendizaje.**

Hace referencia al proceso de asimilación de los estudiantes a través del cual ellos pueden contrastar sus conocimientos previos con los nuevos e identificar cuáles son los relevantes y entender de este modo que el conocimiento está en constante cambio.



- Principio de incertidumbre del conocimiento.

Aquí se hace trascendental que el estudiante aprenda que todas las definiciones que se tienen acerca de algo son creadas en el hombre en un contexto determinado de acuerdo con los intereses y la época; es importante también que entienda que todo nuestro conocimiento surge a partir de preguntas y a partir de analogías que le sirven para explicar el mundo o los fenómenos de la naturaleza.

- Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.

Principio muy pertinente porque además de complementar el segundo principio antes enunciado, hace alusión a reevaluar el uso de la pizarra como estrategia de enseñanza empleada por el profesor para generar conocimientos relevantes y contribuir a la formación de una postura crítica de los estudiantes y no solo a la transmisión de simples concepciones. Lo fundamental para tener en cuenta en este punto es que minimizar el uso de la pizarra conlleva al empleo de otras estrategias de enseñanza que promueven la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje.

De todos ellos, el del conocimiento como lenguaje y el de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza son los que guían este trabajo, siendo el referente teórico la TASC propuesto por Moreira (2005).

Dicho esto, problematizar el conocimiento, las diferentes fuentes de información y aparte de ello, tener la facultad de buscar soluciones a los problemas planteados en la sociedad actual es un requisito necesario en el aula de clase para la formación de pensamiento crítico como resultado del ASC (Moreira, 2005).



Por otro lado, psicología y la filosofía se han enfocado específicamente en evidenciar los procesos por los cuales se origina el conocimiento, así como describir y comprender los procesos de pensamiento que construyen los sujetos. Desde la perspectiva psicológica, López (2012) destaca los componentes cognitivos como la comprensión, deducción, categorización y emisión de juicios como habilidades de pensamiento complejo. Por su parte, Facione (1990) define el pensamiento crítico como un movimiento innovador construido por múltiples autores que ponen en tela de juicio conceptos tradicionales en el aprendizaje y en las formas de pensamiento en la escuela.

De acuerdo con esto, en la Didáctica de las Ciencias se ha resaltado la importancia de incluir habilidades propias del pensamiento crítico en las aulas, pues este posibilita la toma de decisiones, la resolución de problemas, la argumentación, la autorregulación, la creatividad y la capacidad reflexiva y crítica de los estudiantes así como la formulación de preguntas, el análisis de argumentos, deducción y juicio de la credibilidad de fuentes de información como habilidades de orden superior descritas por varios autores, (García 2003; Ennis, 2011; López, 2012; Tamayo, Zona y Loaiza, 2015) en términos de lo cognitivo.

En este sentido, Tamayo (2014) hace alusión a que estas habilidades no solo deben aportar a los ambientes educativos sino a la formación de ciudadanos comprometidos tanto a nivel individual como social. En consonancia con lo anterior, Ennis (2011) describe como parte del pensamiento crítico las habilidades auxiliares de orden procedimental tales como actuar ordenadamente, mostrar sensibilidad por el conocimiento de los otros y capacidad de persuasión a través de la retórica.

Para efectos de este trabajo y en relación con los objetivos propuestos desde los principios del aprendizaje significativo crítico, mencionados con anterioridad, se abordan las capacidades de argumentación y reflexión que se derivan del pensamiento crítico que están estrechamente



relacionadas con los principios de la no centralización en el libro de texto y de la pizarra y el principio del conocimiento como lenguaje.

4.2 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de las ciencias

Las TIC son herramientas ampliamente utilizadas en la actualidad dentro del campo de la enseñanza de las ciencias, debido a las múltiples ventajas entre las cuales se destacan en relación con lo planteado por Pontes (2005) se pueden clasificar “las funciones formativas de las TICs en tres categorías relacionadas con el desarrollo de objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales” (p. 2). Si bien es cierto que la creación de este tipo de herramientas no tuvo como finalidad la incorporación en la enseñanza, es impensable concebir la educación aislada de ellas, de acuerdo con Capuano (2011)

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han sido reconocidas como recursos innovadores que permiten diseñar un conjunto de estrategias en las prácticas docentes, capaces de producir una verdadera revolución educativa en general y en la enseñanza de las Ciencias Naturales en particular, en el marco de una revolución social que provocan estas tecnologías y que hoy en los ámbitos académicos ya no se discute. (p. 79)

Además de ello son un instrumento que se incorporó a la sociedad relativamente hace poco, por lo tanto, son consideradas una innovación social y cultural. En ese sentido y no se esperaba menos, adhiriéndose en el campo educativo con el fin de contribuir en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ha mitigado el impacto que ha tenido la educación tradicional a lo largo de la historia. Adicional a esto, con el cambio pausado que caracteriza a la educación, hace que las



TIC excedan ese mundo educativo trayendo como consecuencia que sean vistas como entes aislados uno del otro (Poggi, 2006).

Con relación a lo anterior, las TIC surgen como modelos de comunicación para la política, economía y marketing debido a la influencia que tuvieron la radio y la televisión originalmente, como medios de comunicación masiva. El nacimiento de las TIC en la educación se dio en los años 70's con la revolución electrónica apoyada por el desarrollo informático y asistida por ordenadores, logrando que se abriera una amplia gama de posibilidades para acceder a educación más dirigida y personalizada (Vidal, 2006).

Ahora bien, las herramientas que se derivan de las TIC son variadas, entre ellas se pueden encontrar: simuladores, realidad virtual, laboratorios virtuales, modelación computacional, Sistemas de Adquisición de Datos (SAD), entre otros. No obstante, este trabajo se enfoca específicamente en la última mencionada (Sistemas de Adquisición de Datos SAD), que se han utilizado principalmente como apoyo en las actividades experimentales, especialmente del área de la física; pues entre sus partes se encuentran los sensores, que son artefactos encargados de medir las magnitudes físicas y después ser convertidas en señales eléctricas por un microcomputador que las acumula y procesa (Haag, 2005). Este proceso como lo sostiene Araujo, Veit y Moreira, 2004 (citados por Cardona y López, 2017, p. 2) hace que la función del estudiante se transforme y se vuelve más simple con respecto a la recolección de datos e información referente con el tema físico, así el estudiante se puede enfocar en el aprendizaje de conceptos relacionados con dicha disciplina.

Por otro lado, los SAD son relevantes para el estudio de fenómenos físicos y a partir de estos se pueden realizar mediciones de variables relacionadas con otras áreas del conocimiento, tales como la química y biología; encontrándose en esta última la parte ambiental, que en la actualidad



se tiene en constante observación por todos los cambios que ha experimentado, por causa de la intervención del hombre en la naturaleza.

Debido a esto, Haag (2005) rescata la importancia de la utilización de los SAD en el campo educativo argumentando que “enriquecen las experiencias de enseñanza y aprendizaje propiciando otras alternativas para que el alumno pueda comprender y relacionar los resultados obtenidos con los conceptos vinculados a la fundamentación teórica del experimento y, así, traer la física escondida entre los números y fórmulas para el mundo real” (p. 70).

4.3 Contaminación atmosférica y agentes químicos que la producen

De acuerdo con el IDEAM (2012) la contaminación del aire es una problemática ambiental relacionada con la calidad de vida de las personas, lo que se encuentra reflejado en las afectaciones que causa a la salud humana. Además del desequilibrio ecológico, este deterioro de la calidad del aire se produce cuando los niveles de los gases que por naturaleza conforman la atmósfera se alteran alcanzando niveles superiores a los normales. De acuerdo con lo planteado por el IDEAM (2012)

...la contaminación atmosférica se define como el fenómeno de acumulación o concentración de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como resultado de actividades humanas o procesos naturales. Por su parte, el concepto de calidad del aire se refiere “al estado de la contaminación atmosférica, dicho en otras palabras, es un indicador de qué tan contaminado se encuentra el aire y por lo tanto, qué tan apto es para ser respirado (p. 26).

Los primeros índices de contaminación atmosférica en el mundo fueron generados por causas naturales hace millones de años, tales como: erupciones volcánicas, polvo y cambios en la temperatura, además de otros fenómenos geoquímicos y biológicos (Romero, Diego y Álvarez,



2006). Posteriormente la revolución industrial a mediados y sobre todo a finales del siglo XVIII aceleró su incremento, junto con el desarrollo e impulso de otras actividades tales como el uso del petróleo, barcos a vapor, ferrocarriles, entre otras. Por su parte, la producción de automóviles contribuyó aún más a la agudización de la problemática por el incremento de agentes contaminantes como dióxido de azufre (SO₂), material particulado (MP), entre otros, lo que generó consecuencias nefastas para la población humana, ocasionando múltiples muertes. Todo esto aumentó la preocupación mundial por el constante deterioro de la calidad del aire, haciendo que se generaran leyes, protocolos y políticas ambientales, entre otras medidas de control, lo cual dio origen a la creación de la primera ley de aire puro en 1956. (IDEAM, 2012).

Por esto, en Colombia, “[la promulgación] del código nacional de los recursos naturales y protección al medio ambiente, reglamentado mediante el decreto 2811 de 1974 fue un acto administrativo que constituyó la línea base de las políticas ambientales nacionales” (IDEAM, 2012, p. 30). Todo ello produjo el impulso de un diagnóstico de la calidad del aire en el país, por medio de la medición de los agentes contaminantes que se encontraran en el aire, aunque previamente ya se había realizado un monitoreo del estado de la calidad del aire en Colombia en unión con otros países, en su mayoría americanos. De esta forma para 1980 Colombia tenía una red de monitoreo mucho más grande contando así con diferentes puntos de medición distribuidos en las principales ciudades del país, entre ellas Medellín.

De acuerdo con el IDEAM (2012) los Sistemas de Vigilancia y Monitoreo de la Calidad del Aire (SVMCA) son importantes en la medida en que posibilitan conocer cuál es el estado de la calidad del aire en un lugar y establecer su relación con la salud de los seres humanos y sus efectos sobre el ambiente. Además de ello también se encuentra el hecho por el cual estos diagnósticos pueden contribuir al planteamiento de políticas ambientales y estrategias que ayuden a mitigar esta problemática.



Los sistemas de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire pusieron en evidencia que la principal causa de la contaminación del aire en Colombia es la emisión de contaminantes por el uso de combustibles fósiles, entre los cuales según el IDEAM (2012) “el 41% del total se generan en Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, el Valle Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira” (p. 66).

De acuerdo con el artículo 2 contemplado en el capítulo 1 del Decreto 948 de 1995 se debe entender en consecuencia que los agentes contaminantes son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas. De todos los contaminantes que se encuentran en la atmósfera a nivel mundial se han identificado cinco contaminantes criterio que causan perjuicios a la población humana de manera inmediata y en general a todos los seres vivos, alterando con ello el equilibrio de los ecosistemas.

Diferentes estudios relativos a la contaminación atmosférica como el IDEAM (2012), Atlantic Consulting (2009), Ministerio de Salud y Desarrollo sostenible (2018) y La OMS (2005) coinciden en que tales contaminantes son: Monóxido de carbono (CO), SO₂, dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono troposférico (O₃), y MP con un diámetro menor a 10 µm (PM₁₀ por sus siglas en inglés). La afectación que estos agentes contaminantes causan en la salud humana no solo se debe a su estructura química y al ambiente en el que están sino a las características geográficas de la zona en la cual se pueden concentrar y a las fuentes de emisión. En Colombia “el contaminante más monitoreado es el material particulado menor a 10 micrómetros PM₁₀” (IDEAM, 2012, p. 78), una problemática que causa alrededor de 5000 muertes prematuras en nuestro país. Particularmente, Medellín por sus características geográficas y meteorológicas es



una de las ciudades en las que se encuentra en mayor presencia este contaminante ya que de manera local se da un fenómeno que se conoce como inversión térmica en los valles, con lo cual incrementa sus niveles de concentración.

A continuación, en la Tabla 2 se exponen en una tabla los niveles en los cuales de acuerdo a la norma de calidad del aire en Colombia, las concentraciones de gases contaminantes criterio suponen un sistema de alerta, prevención y emergencia. Cabe resaltar que si no se regulan estos niveles, estos gases pueden causar graves afectaciones en la salud de los seres humanos.

Tabla 2. Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para los niveles de alerta, prevención o emergencia. *Adaptado de Norma de calidad del aire ambiente (2017)*

Contaminante	Tiempo de exposición	Prevención	Alerta	Emergencia
PM ₁₀	24 horas	155-254	255-354	≥ 355
PM _{2,5}	24 horas	38-55	56-150	≥ 151
O ₃	8 horas	139-167	168-207	≥ 208
SO ₂	1 hora	198-486	487-797	≥ 798
NO ₂	1 hora	190-667	678-1221	≥ 1222
CO	8 horas	10820-14254	14255-17688	≥ 17689

Fuente: *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución No 2254. Norma de calidad del aire ambiente, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.ambientalia.com.co/normas/RESOLUCIO%CC%81N%202254%20DE%202017%20MADS%20ADOP%20NORMA%20CALIDAD%20DEL%20AIRE.pdf>*

Debido al aumento de los niveles permitidos de estos componentes, la contaminación del aire en grandes ciudades de Colombia y el mundo, tales como Medellín, Bogotá, Cali, Nueva Delhi, Tokio, entre otras; presentan una alteración significativa de las concentraciones naturales de los agentes que componen la mezcla gaseosa que respiramos, dando como origen, al acrecentamiento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares en los seres humanos.



En ese orden de ideas, los denominados contaminantes criterio que hacen parte de la lista de contaminantes atmosféricos y que causan afectaciones en la salud tanto de los seres humanos como de los animales y vegetales son una preocupación. Dicho esto, es importante describir las alteraciones o implicaciones que cada uno de estos agentes acarrearán cuando sus niveles están por encima de lo recomendado por las diferentes instituciones de salud y ambientales, tales como: la OMS, el IDEAM, el Ministerio de Salud, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, entre otras. A continuación, se presentan las características generales de cada uno de estos contaminantes criterio, así como su incidencia en la salud humana y en el ambiente.

4.3.1 Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, menos denso que el aire que proviene principalmente de las emisiones del transporte por la combustión incompleta de hidrocarburos y en general materia orgánica, de forma natural se produce por descomposición del metano, entre otras causas. Es altamente peligroso para la salud humana

porque está asociado a la formación de *carboxi-hemoglobina (COHb)*, una condición en la que la hemoglobina es más afín con el CO que con el oxígeno. Al estar presente el CO en la sangre, la hemoglobina no puede transportar oxígeno para las condiciones vitales y por lo tanto creará un déficit de éste en la sangre. En niveles por debajo de 10% de COHb se producen mareos, dolor de cabeza y vómito [porque produce hipoxia y alteraciones del funcionamiento celular]. Para niveles con más del 40% de COHb, el monóxido empieza a causar coma neurológico y colapso en el sistema nervioso y a más del 60% causa la muerte (OMS, 2000 citado por Acevedo, Bocarejo, Tyler y Velásquez, 2013, p. 4).

Además de la afectación que causa a los seres humanos, también tiene efectos sobre las plantas, que van desde la alteración de su metabolismo, obstaculizando así sus procesos vitales



como la fotosíntesis, y de allí que se vea alterado el equilibrio de los ecosistemas. Por otro lado, “para el monóxido de carbono, los valores máximos recomendados son concentraciones medias en 8 horas de 10 mg/m³ y valores máximos horarios de 30 mg/m³” (Aránguez *et al.*, 1999, p. 126). Valores que se ven alterados por el alto flujo vehicular asociado a las grandes ciudades, en este caso, como Medellín y su Área Metropolitana.

4.3.2 Dióxido de azufre (SO₂)

El SO₂ es un gas estable que se produce por la quema de combustibles. A altas concentraciones puede ser detectado por su sabor y por su olor cáustico e irritante. En su mayor proporción proviene de la emisión de fuentes tales como las generadoras de energía y en una menor medida del ámbito industrial. En altas concentraciones puede causar bronquitis afectando especialmente a los niños.

...Se disuelve con facilidad en el agua para formar ácido sulfuroso (H₂SO₃), el cual se oxida lentamente y forma ácido sulfúrico (H₂SO₄) con el oxígeno del aire. También puede formar trióxido de azufre (SO₃), [el cual es] un vapor muy reactivo que se combina rápidamente con vapor de agua para formar un aerosol ultrafino de ácido sulfúrico. Este puede ser entonces neutralizado por el amonio, formando primero el ácido fuerte bisulfato de amonio (NH₄HSO₄) y después la sal casi neutra sulfato de amonio [(NH₄)₂SO₄], dependiendo las tasas de neutralización de las tasas de emisión terrestres de amonio, altas en ciudades y zonas agrícolas, bajas en bosques (Aránguez *et al.*, 1999, p. 125).

Entre sus afectaciones a nivel de ambiente se encuentran la generación de lluvia ácida que mata la vegetación al acidificar las aguas y el suelo. Provoca también daños a los materiales en el sentido de que reacciona con materiales calizos como esculturas, fachadas de construcciones, etc.



Además de esto, según el IDEAM (2012) produce en las plantas la aparición de manchas lechosas en las hojas, las decolora, hasta el punto de ocasionar la muerte de sus tejidos.

La OMS determinó que los efectos mortales están entre $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por un tiempo de exposición de 10 minutos y $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por un espacio de 24 horas (OMS, 2005, p. 20).

4.3.3 Dióxido de nitrógeno (NO_2)

Este contaminante del aire es un gas incoloro, inodoro y sin sabor, según Aránguez et al. (1999) su constitución en el aire es de aproximadamente 78%. Es perjudicial para la salud cuando se combina con oxígeno y forma diversos óxidos de nitrógeno. No obstante, cuando se encuentra en niveles normales no representa ningún peligro para los seres vivos. En centros urbanos son los contaminantes mayormente producidos debido a que se genera en una creciente proporción de las emisiones del transporte; esto sucede porque una mayor parte de los combustibles liberan más que todo óxido nítrico y éste se convierten en la atmósfera en dióxido de carbono a causa del ozono.

Por otro lado, el Banco Mundial señala que este agente “reacciona también con el monóxido de cloro formando nitrato de cloro, liberando [así] átomos de cloro que destruyen la capa de ozono al reaccionar con el ácido clorhídrico” (Acevedo et al., 2013, p. 12). En espacios ulteriores se puede presentar a razón del uso del tabaco y fuentes de gas, entre otras.

Al irritar las vías respiratorias provoca afecciones respiratorias tales como bronquitis y neumonía. Aunque

...el tiempo de exposición determina el alcance a la salud para las personas, un tiempo de exposición corto (1 hora a 24 horas) tendrá un efecto inmediato en el aumento de problemas respiratorios incluyendo inflamación de las vías respiratorias y el aumento de síntomas para las personas que tienen asma. A largo plazo, con la formación de partículas



que se ubican en todo el tracto respiratorio, pueden aumentar problemas cardiovasculares, bronquitis, asma y muerte prematura para la población más vulnerable (Acevedo et al., 2013, p. 12).

En las plantas produce la caída de sus hojas, la pérdida de su color verde por la insuficiencia de sales, lo que conlleva en últimas a la muerte de sus tejidos vegetales. También puede producir decoloración en los materiales. “Las guías de la OMS de calidad de aire recomiendan no sobrepasar los valores entre $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, media de una hora” (OMS, 2005, P. 17).

4.3.4 Ozono troposférico (O_3)

El ozono troposférico es un contaminante secundario formado en la atmósfera a través de una compleja serie de reacciones químicas de los contaminantes primarios o precursores. El proceso base ocurre cuando los enlaces del NO_2 se rompen con ayuda de la luz solar, quedando así óxido de nitrógeno (NO) y Oxígeno molecular (O) que al combinarse con el O_2 presente en la atmósfera forma el ozono troposférico (O_3). Es importante destacar que para su formación se necesita unas condiciones específicas de temperatura, así mismo como unas determinadas concentraciones de dióxido de nitrógeno y la luz solar.

Este agente contaminante genera inflamación del sistema respiratorio sobre todo en las áreas de la garganta, laringe y fosas nasales siempre y cuando la exposición sea muy prolongada, no obstante, hay que considerar que estos problemas una vez generados siguen persistiendo. Además de ello, existen hechos que demuestran que el O_3 puede mutar y generar cáncer en las personas (OMS, 2005). Puede además afectar los materiales por medio de la corrosión que genera en los metales. Adicional a esto produce manchas en las hojas de las plantas. El valor en



el que se debe encontrar este contaminante a condiciones normales según la organización mundial de la salud es de $120 \mu\text{m}/\text{m}^3$ para 8 horas.

4.3.5 Material particulado con un diámetro menor a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}).

El PM_{10} son partículas sólidas o líquidas capaces de penetrar las vías respiratorias, lo que depende de su tamaño, un material particulado con un diámetro menor a $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) puede entrar con mayor facilidad a los alveolos que el PM_{10} , de allí que sea potencialmente peligroso. Los más afectados son niños pequeños, a los cuales les puede dar asma, enfermedades respiratorias cardiovasculares en general y otros problemas respiratorios que los pueden poner en grave estado de salud sino se hace un control a tiempo. “En el momento de una inflamación, se corre el riesgo de padecer hipercoagulabilidad transitoria” (OMS, 2005). De acuerdo con el EPA (2013) además de ello, existen una variedad de problemas a la salud que incluyen muerte prematura de personas, en su mayoría de la tercera edad que padecen de afecciones cardíacas.

Los efectos que trae consigo la presencia de estas partículas en el aire para las plantas es que al ser de un tamaño tan pequeño pueden penetrar los tejidos de las hojas y obstruir los estomas, impidiendo de esta manera una buena eficiencia fotosintética necesaria para que la planta se desarrolle y por supuesto fundamental para la vida en el planeta.

Las guías de la OMS (2005) de calidad del aire recomiendan no superar concentraciones para el $\text{MP}_{2.5}$ en la media anual de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la media de 24 horas, así mismo proponen no sobrepasar en el caso del MP_{10} los niveles de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la media anual y los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la media de 24 horas.

A continuación, se encuentran las corrientes de EA como última categoría, en la cual se exponen los principios fundamentales que guían cada una de las corrientes que expone Sauvé (2005) así como su modo de concebir el ambiente.



5. Corrientes de educación ambiental

Como en todas las áreas del conocimiento científico, existen diferentes formas de acercarnos al estudio de los fenómenos, en lo que se constituye como escuelas de pensamiento, corrientes, tradiciones o paradigmas. Todos estos conceptos, pese a que epistemológicamente corresponden a campos muy específicos, pueden entenderse como el resultado de la diversidad que se presenta en el mundo científico cuando se estudia alguna realidad concreta.

Esto sucede precisamente en el área de la EA, donde nos encontramos múltiples corrientes de pensamiento que proponen maneras específicas de acercarnos a la relación existente entre la educación y el cuidado ambiental. En este sentido, diferentes autores como Rojas (2003), Leff (2004), Rodríguez (2005), Sauvé (2005), Mor n (2000, 2011), Sosusa Santos (2010) y Mora (2015) ofrecen distintas perspectivas de configurar la racionalidad ambiental y resignificar el papel que cumple la EA en la sociedad, exponiendo puntos de encuentro en torno a la reapropiación del concepto de ambiente desde lo sustentable y lo sistémico.

Vale anotar, sin embargo, que en referencia a la concepción de ambiente, las visiones predominantes han sido las de Sauvé (2005) quien recopila las diferentes percepciones que se han forjado en el tema ambiental y describe quince corrientes de EA, destacando siete de tradición antigua y ocho de tradición reciente. Conviene subrayar que si bien todas estas corrientes, en virtud de su construcción epistemológica interna, tienen una definición dominante del medio ambiente, un papel central otorgado a la EA, unos enfoques de investigación específicos y otros elementos que hacen más rico el espectro de estudio de dicho campo, no desestiman las construcciones que los autores mencionados han realizado alrededor de la EA, razón por la que se plantea a continuación abordar cada una de ellas en relación a las principales



ideas que estos exponen, aunque haciendo mayor énfasis en lo planteado por Sauvé (2005) al ser el referente fuerte de esta categoría.

De este modo, entre las corrientes de tradición antigua encontramos las siguientes:

- **Corriente naturalista.**

Según Sauvé (2005) esta corriente se centra en la relación estrecha que debe forjar el ser humano con la naturaleza, y en virtud de dicha meta, puede ir desde lo meramente cognitivo (aprender de la naturaleza) a lo experiencial o emocional (vivir en la naturaleza articulando la creatividad humana). Entiende la naturaleza más allá de los recursos que provee al hombre. Pese a esto, Mora (2015) señala que aún existe, sobre todo en los docentes de ciencias, un pensamiento tradicional tendiente a relacionar en mayor medida el ambiente con el entorno natural, confiriendo mayor prioridad al medio físico que al social.

- **Corriente conservacionista/recursista.**

Se centra en la preservación de todos los recursos bióticos y abióticos que existen en la naturaleza, teniendo en cuenta tanto su calidad como su cantidad. En esta corriente, destacan todos los discursos relacionados con la gestión ambiental, los programas de reutilización y reciclaje y los enfoques economicistas que ven en la naturaleza solo el repositorio de los recursos que requiere la sociedad (Sauvé, 2005). Al respecto, Rojas (2003) plantea que “en el presente siglo XXI, ya no es posible ni sustentable pensar en un modelo de desarrollo desvinculado de lo ecológico y ambiental” (p. 26) ya que los procesos productivos deben ser limpios y propender por el uso de energías renovables, reutilización de residuos y demás estrategias que contribuyan al buen funcionamiento de los ecosistemas y a la conservación de la biodiversidad.



- **Corriente resolutiva.**

Entiende el medio ambiente como un conjunto de problemas. En este sentido, trata de informar a las personas acerca de aquellos que se presentan en la naturaleza con el ánimo de promover habilidades y propuestas que conduzcan a resolverlos (Sauvé, 2005).

Como en la anterior corriente, sus propuestas están encaminadas hacia la modificación de las conductas y hacia proyectos de tipo colectivo, ya que “los problemas ambientales, en tanto que interrupciones o alteraciones graves de los ecosistemas y de la vida social, constituyen problemas complejos que se producen y reflejan en las interacciones e interdependencias entre el mundo natural, el socioeconómico y el ambiental” (Rojas, 2003, p. 21). Por esto, la consigna más importante es la del trabajo multidisciplinario, dado que así, se podrán integrar los conocimientos y la información necesaria para abordar las problemáticas ambientales consideradas por Morín (2000) como realidades complejas y detener la crisis por la que atraviesa el planeta. En esta lógica, Morín (2011) y Leff (2004) hacen hincapié en el pensamiento complejo por lo que este promueve el conocimiento multidimensional.

- **Corriente sistémica.**

Bajo el aporte de la ecología, considera el medio ambiente como un sistema complejo compuesto de múltiples factores y componentes con funciones determinadas. Esta corriente pone de manifiesto las intrínsecas relaciones entre las problemáticas ambientales y el papel de la sociedad, con lo que se identifican de un modo holístico las causas, factores, relaciones, consecuencias y estrategias de solución óptimas para dichos problemas (Sauvé, 2005).

Por esto, desde esta perspectiva, “el medio ambiente se sitúa entre el funcionamiento de los sistemas naturales y los sistemas sociales, en el escenario mismo de la vida natural y social. No existe el desarrollo ni la vida humana sin el sustento de la naturaleza” (Rojas, 2003, p. 26), por lo



que en efecto Morín (2011) afirma la importancia que tienen las ciencias ambientales en la reconstrucción de las relaciones complejas que rigen los sistemas naturales, sociales, económicos, políticos y culturales, desde un panorama interdisciplinar; de ahí que “la construcción de una nueva alternativa de desarrollo de cara al siglo XXI, implique pensar y actuar desde la complejidad de las relaciones naturaleza-sociedad”. (Rojas, 2003, p. 22).

Por lo señalado, Rodríguez (2005) expone el significativo papel que ha desempeñado el enfoque sistémico en el estudio de fenómenos complejos, siendo uno de ellos la interacción del hombre con su entorno, lo que implica un cambio de paradigma y una resignificación del concepto de sustentabilidad, en tanto que “del nivel de desarrollo de la sociedad, y del proceso de la producción material dependen el carácter de influencia sobre la naturaleza, el espectro y la profundidad de la influencia social sobre los procesos y fenómenos naturales” (p. 12). En este sentido, Mora (2015) se refiere al pensamiento sistémico, al manejo de la complejidad y a la importancia de generar estrategias que permitan desarrollar la capacidad de pensar y valorar creativa y críticamente los problemas ambientales para tomar decisiones informadas y comprometidas con la acción individual y colectiva.

- **Corriente científica.**

De acuerdo con Sauvé (2005) esta corriente propone integrar el *modus operandi* del método científico en la comprensión de los problemas ambientales y en la resolución de estos. Por ello da importancia a procesos como la observación, el planteamiento de hipótesis o la experimentación, presentándose nexos con las dos corrientes anteriores. Bajo este panorama, el medio ambiente es considerado el objeto de estudio para determinar las mejores acciones que conlleven a su preservación.

No obstante, debe considerarse de otro lado que “la formación ambiental implica una ruptura epistemológica con las formas tradicionales de aprendizaje y conocimiento (memorización,



repetición, pasividad, etc.)”(Rojas, 2003, p. 20), lo que da lugar a una ruptura de paradigma, esto es, superar la visión positivista que ha permeado la ciencia por tanto tiempo e impregnado el curso de la economía global, por medio de una tendencia a la que Morín (2000) denominó paradigma de simplificación el cual “opera bajo el imperio de los principios de la disyunción, reducción y abstracción” (p. 29).

- **Corriente humanista.**

Sauvé (2005) plantea que esta perspectiva entiende el medio ambiente como la simbiosis entre lo natural y cultural, razón por la que no considera solo los elementos inherentes a la naturaleza (plantas, animales, minerales, etc.) sino también las creaciones humanas que se han hecho con las posibilidades que ha brindado dicho medio. En este orden de ideas, el ambiente es visto desde las dimensiones políticas, económicas, culturales e históricas con las cuales ha sido dotado por el hombre, porque más allá del rigor científico, también sobresale las sensibilidades que tiene el espacio natural en las sociedades humanas.

En correspondencia a esto, Rojas (2003) dice que “la formación ambiental cambia el concepto de desarrollo y de socialización y revoluciona los procesos de aprendizaje, reflexionando críticamente sobre las experiencias humanas realizadas por la comunidad en sus respectivos espacios territoriales, institucionales, sociales y culturales” (p. 20) de una manera tal que se vean implicados los valores, principios y sistemas de creencias que constituyen la percepción e influencia del hombre hacia el entorno que lo rodea.

- **Corriente moral/ética.**

Propone considerar la relación con el medio ambiente a partir de un ordenamiento ético, de un conjunto de valores que prescriben comportamientos individuales y colectivos que conduzcan a la preservación ambiental (Sauvé, 2005). Por esto, considera que “la formación ambiental debe ir acompañada de un cambio cultural, de socialización en nuevos valores, vinculados a la



confianza, la comunidad, el respeto y protección a los recursos naturales, a la democracia, a la biodiversidad y la diversidad cultural”. (Rojas, 2003, p. 23).

Desde este ámbito, “la ética del desarrollo sustentable se basa en la búsqueda de armonía y equidad entre los sistemas naturales, el sistema socioeconómico y el medio ambiente” (Rojas, 2003, p. 26), además del compromiso, la responsabilidad y el sentido de pertenencia de la ciudadanía y en general de todos los sectores de la sociedad como lo son el Estado, las corporaciones públicas y privadas, las universidades y las empresas.

Hay que agregar también que en esta corriente suelen utilizarse los llamados “dilemas morales” para confrontar las diferentes posiciones éticas que subyacen a los mismos.

Ahora bien, entre las corrientes de tradición más reciente encontramos las siguientes:

- **Corriente holística.**

Sauvé (2005) expone que esta visión va más allá de las relaciones socioambientales que proponen ciertas corrientes para adentrarse a otras dimensiones del sujeto en relación con la naturaleza. Esta corriente va desde consideraciones psico-individualistas (dimensiones ontológicas, donde cobra importancia la percepción de los sujetos del espacio que los rodea) a propuestas de tipo cosmogónicas donde todos los seres y cosas están relacionados de formas complejas y místicas. También invita a comprender el lenguaje propio de la naturaleza (a priori de nuestro propio lenguaje) para interactuar mejor con ella. Relativo a esto, Rojas (2003) plantea que “la formación ambiental tiene como punto de partida la interrelación sociedad-naturaleza”. (p. 19), señalando además, que esta corriente favorece y promueve la transdisciplinariedad.

- **Corriente bio-regionalista.**

Parte del concepto de bio-región, el cual es entendido como un espacio geográfico definido por sus características naturales y el arraigo identitario de sus pobladores. Propone centrar la EA desde una perspectiva local, abordando los problemas inmediatos del contexto regional y



aportando soluciones colectivas; esto en contravía de los discursos exógenos que plantean problemáticas a escala planetaria, pero sin ninguna motivación pragmática desde los contextos locales (Sauvé, 2005). Es muy significativo por tanto el hecho de fomentar un pensamiento de este tipo en las instituciones educativas, teniendo en cuenta, lo fundamental que es abordar en la enseñanza, las realidades que constituyen el contexto próximo de los estudiantes. Al respecto, Mora (2015) dice que el “educador ambiental no está vinculado a un escenario únicamente de clase, sino a la noción de territorio escolar, reconociendo las relaciones sociales que surgen dentro del contexto escuela” (p. 15).

- **Corriente práxica.**

Se centra en el poder de la acción para la transformación. Se trata de iniciar con la acción y en su desarrollo reflexionar acerca de la misma, a diferencia de los presupuestos generales que plantean la teoría como antecedente de la praxis. En virtud de este enfoque se opta por la investigación-acción que promueve la participación conjunta de los investigadores y los actores del fenómeno a estudiar para construir e implementar propuestas de solución (Sauvé, 2005).

Es oportuno recalcar aquí la gran relevancia que tiene esta corriente para la EA, ya que de acuerdo con Mora (2015) inicialmente la EA se proponía tan solo generar conciencia sobre las problemáticas ambientales sin concentrar mucho sus esfuerzos en promover la participación y la acción de los sujetos en procesos de transformación socio-ambiental, lo que es en últimas aquello que debe hacerse para “formar una ciudadanía ambientalmente responsable y crítica de la economía de mercado, de su productivismo depredador y de las conductas consumistas de la sociedad”(p. 14) que tenga la capacidad de reflexionar, pensar, decidir, actuar y transformar.

- **Corriente de crítica social.**

Emparentada con la anterior, esta corriente se apoya en la “teoría crítica” desarrollada en el campo de las ciencias sociales. Se centra en el análisis del trasfondo sociopolítico que se



encuentra en las problemáticas ambientales, con miras a su potencial transformación, debido a que “la toma de conciencia ecológica no se ha inscrito en un gran pensamiento político y aún no suscita la aparición de una fuerza planetaria, que sería la única capaz de iniciar los cambios necesarios” (Morín, 2011, p.82). De ahí que busque cuestionar el papel de las hegemonías actuales, del legado colonialista, y de posicionar el rol del saber como medio de transformación y emancipación.

En apoyo de la “teoría crítica” deudora del pensamiento marxista y anarquista, esta corriente busca trascender los presupuestos liberales del individualismo y el enriquecimiento ilimitado por el colectivismo y la cooperación social; con lo que se puede decir que ve en el medio ambiente el resultado de las interacciones humanas caracterizadas por las relaciones de poder (Sauvé, 2005) que en aras de ser realistas están afectando negativamente tanto las esferas social y natural. Por ello, Morín (2011) se refiere a la idea de establecer “eco-política local, regional y nacionalmente planetaria que enuncie las normas para preservar las biodiversidad, reducir las agriculturas y ganaderías industrializadas que contaminan los suelos, las aguas y los alimentos, proteger los cultivos de subsistencia y proponer respuestas al calentamiento global” (p. 82) considerando los factores contaminantes y emitiendo las reformas más urgentes.

En congruencia con ello, Rojas (2003) acusa a los países más industrializados de agravar y agudizar los problemas ambientales por su resistencia en asumir una economía más sustentable con el planeta, por lo que propone teniendo como sustento la teoría crítica, la autorreflexión ambiental, en tanto que se apunte a una mejor calidad de vida a través del cuidado de la naturaleza.

- **Corriente feminista.**



Deudora de la anterior, la corriente feminista también analiza el efecto de las relaciones de poder en la sociedad, pero desde la perspectiva de género, la cual denuncia el sometimiento histórico de las mujeres en un mundo creado a imagen y semejanza del hombre.

Esta corriente relaciona la dominación que ha sufrido la mujer con la dominación que se ha ejercido de manera irracional contra la naturaleza (tanto mujer como naturaleza relacionadas con lo pasivo, débil y objeto de explotación en contraposición del hombre y la cultura relacionados con lo activo, lo fuerte y lo posesivo), por lo que propone la armonización de todos estos elementos (de hombres y mujeres y del ser humano con la naturaleza) que hacen parte del planeta (Sauvé, 2005), lo que deja por sentado que “los temas de equidad y de justicia social en relación con la raza, clase y género, en intersección con las cuestiones ambientales, han recibido considerable atención en la investigación en EA en las últimas décadas” (Mora, 2015, p. 19).

- **Corriente etnográfica.**

Se centra en el papel de la cultura en la relación con el medio ambiente. Busca articular las diferentes relaciones que tienen los grupos humanos con su entorno para trascender la unilateral forma de ver el mundo, impuesta por la cultura occidental. De ahí que se interese por conocer las cosmogonías de los diferentes pueblos para entender sus relaciones con el ambiente que los rodea (Sauvé, 2005) ya que de acuerdo con Rojas (2003) el conocimiento ambiental ofrece “nuevas interpretaciones, nuevas comprensiones del mundo y de la acción humana. Los movimientos de emancipación indígena hacen emerger nuevos tiempos en la historia. Y el ser humano se complejiza en el contexto de la nueva realidad transformada y enriquecida ambientalmente” (p. 21).

En este sentido, Sousa Santos (2010) argumenta que “se necesita una nueva política de derechos que otorguen mayor poder a las clases populares en sus luchas hacia la consecución de soluciones emancipatorias más allá de la modernidad occidental y del capitalismo global” (p. 87)



lo que es congruente a su vez con lo que plantea Mora (2015) cuando afirma que las creencias, percepciones y maneras de ver el mundo influyen en las actitudes, acciones y comportamientos de las personas hacia el ambiente.

- **Corriente de la eco-educación.**

Toma el medio ambiente como un espacio de interacción que posibilita el desarrollo personal a partir de acciones responsables y enriquecedoras. Se proponen dos esferas de actuación: la eco-formación y la eco-ontogénesis. “La eco-formación se interesa en la formación personal que cada uno recibe de su medio ambiente físico” (Sauvé, 2005, p. 23). Por su parte, la eco-ontogénesis, “génesis de la persona en relación con su medio ambiente – Oikos” (Sauvé, 2005, p. 24), se enfoca en el papel que desempeña el medio ambiente en el desarrollo del sujeto. Ambas propuestas conducen a diseñar estrategias específicas para cierto tipo de población (niños, adolescentes, adultos), toda vez que la relación con el medio ambiente se puede determinar por periodos concretos.

Así como lo sustenta Rojas (2003) conviene subrayar el interés que debe tener la educación en torno a “desarrollar el humanismo y los valores de la solidaridad, la libertad, la democracia y la responsabilidad ciudadana” (p. 22) para lograr la formación integral de los estudiantes, de manera que se piensen con relación al entorno que los rodea, lo cuiden, respeten y preserven. Hay que anotar sin embargo que para ello se requiere la implicación de todos los actores, esto es, un compromiso tanto de los maestros, los directivos, los padres de familia, los alumnos como de la sociedad en general, además de un cambio de paradigma, que desde “la perspectiva de la EA articulada a la educación para la sustentabilidad ambiental es posible, como uno de los aspectos de mejora en la formación del profesorado de EA, el desarrollo de capacidades y formación de competencias ambientales” (Mora, 2015, p. 17) desde el diálogo de saberes y la



interdisciplinariedad, lo que posibilita con vehemencia el desarrollo de la capacidad y el compromiso de actuar individual y colectivamente.

- **Corriente de la sostenibilidad-sustentabilidad.**

Sauvé (2005) sustenta que esta corriente se apoya en el discurso del desarrollo sostenible que propone la articulación armónica entre el desarrollo económico con la conservación de los recursos naturales y su equitativa distribución entre los grupos humanos. En este sentido, la EA se convierte en uno de los medios utilizados para cumplir esta meta, solo que lo debería hacer desde un enfoque naturalista donde no intervienen las interacciones humanas o las consideraciones de tipo económico.

Una variante de esta corriente, la “sustentabilidad”, propone considerar estas otras preocupaciones (por ejemplo, tener en cuenta el poder adquisitivo de las personas o su nivel de educación), relegando a un segundo plano la primacía economicista del discurso del “desarrollo sostenible”, en el cual según Rojas (2003) convergen tres campos diferentes: el social, económico y ambiental. En acuerdo con esto, plantea también que

un modelo de desarrollo sustentable debe basarse en valores éticos ambientales: respeto a la naturaleza y sus propias leyes de conservación y reproducción; respeto a los derechos humanos, respeto a la libertad; garantía al acceso igualitario a la educación, salud, infraestructura y recreación; derecho a participar democráticamente y a decidir en los asuntos públicos fundamentales que le conciernen como sujeto y ciudadano. (Rojas, 2003, p. 27)

Debe anotarse además que bajo este constructo, los autores mencionados hacen hincapié en la idea de una economía ambiental que reduzca los costes que ha ocasionado al planeta, el capitalismo y la producción en masa.



Como bien lo acota Sauvé (2005) al ser quien en un principio plantea las corrientes, estas corresponden a trabajos del contexto europeo y norteamericano, sobresaliendo la escasez de trabajos en Latinoamérica. Asimismo, también es posible percatarse de las convergencias que se tejen entre muchas de estas corrientes que bien pueden sintetizarse en los tres paradigmas dominantes, es decir, las corrientes de tipo naturalista o positivista donde prima el interés neutral u objetivo con el que se pretende estudiar la naturaleza alejada de lo social; las corrientes de tipo interpretativo o hermenéutico que buscan poner de manifiesto las inherentes y recíprocas relaciones que hay entre la naturaleza y los grupos socioculturales; y finalmente las corrientes de tipo socio-crítico que pretenden analizar el trasfondo social que subyace de las problemáticas ambientales con miras a su eventual transformación.



6. Metodología de investigación

El presente trabajo se sustentó en el enfoque de investigación cualitativa, el cual es caracterizado por “la profundidad de sus significados, su amplitud, la riqueza interpretativa y la contextualización de los fenómenos estudiados” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 3). Cabe resaltar que en este tipo de investigación el conocimiento no se considera absoluto e inmutable y la realidad es el producto de la construcción y la percepción de las personas, de ahí, que esta metodología pueda concebirse como un conjunto de prácticas que hacen el mundo visible y en constante transformación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Al respecto, conviene subrayar que esta peculiar cualidad permitió modificar aspectos en algunos momentos de la indagación; por lo que se pudo examinar múltiples significados, ideas e interpretaciones en los sujetos que intervinieron.

Por lo anterior, la investigación cualitativa no pretende generalizar, pues atiende particularidades propias del contexto y responde a necesidades o intereses de los individuos que interactúan dentro del fenómeno que se esté estudiando (Taylor y Bogdan, 1987), motivo por el cual también, Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que “es naturalista (porque estudia los fenómenos y seres vivos en sus contextos o ambientes naturales y en su cotidianidad) e interpretativa (pues intenta encontrar sentido a los fenómenos en función de los significados que las personas les otorgan)” (p. 9). En este orden de ideas, Taylor y Bogdan (1987) definen una investigación cualitativa como aquella donde “los investigadores siguen un diseño en la investigación flexible, pues en la investigación cualitativa es esencial experimentar la realidad tal como otros la experimentan, con el fin de comprender cómo ven las cosas” (p. 20). Por tal razón, su propósito es reconstruir la realidad tal y como la observan los actores de un sistema social estudiado.



Ahora bien, con la intención de dar cumplimiento al objetivo propuesto para este trabajo, el cual es, analizar el aporte de los SAD a la construcción de una visión crítica de ambiente, a través de la medición de agentes químicos que contaminan el aire, se utilizó el estudio de caso. Es pertinente anotar al respecto que por causa de la naturaleza del problema de estudio, se hizo esta elección, ya que este permite indagar sobre fenómenos a los cuales se busca conferir explicaciones del cómo y por qué ocurren, así como estudiar un tema determinado y explorarlo con mayor profundidad.

Aclarado este punto, es importante contextualizar de manera breve lo que se entiende por estudio de caso, el cual es definido y abordado en la investigación desde diferentes perspectivas, dependiendo del autor al que se refiera, en vista de lo cual se pueden encontrar diferentes maneras de concebirlo y calificarlo, considerándose de esta manera términos como estrategia, método, metodología, técnica o enfoque. De acuerdo con Jiménez y Comet (2016) cuando se alude a este como método, entre los autores más relevantes se pueden nombrar a Ernest Park, Ernest Burgess, Louis Wirth, George Herbert Mead, Herbert Blumer y Florian Znaniecki, entre otros (p. 2). En cuanto a definirlo como metodología destacan a Silverman, VanWynsberghe y Khan y como técnica a Kidder *et al.*

De otro lado, Yin (1994) y Arnal, Del Rincón y Latorre (1992) lo califican como una estrategia de investigación que estudia un fenómeno en su contexto real, mientras que Stake (1998) y Simmons (2011) lo consideran un enfoque, al señalar respectivamente que se trata de un estudio de la particularidad y de una investigación exhaustiva.

Cabe resaltar por lo expuesto, que si bien no hay un consenso único sobre el cual definir de manera más correcta lo que es un estudio de caso, es fundamental tener claridad de la postura que se adopte, esto es, precisar dependiendo del foco del cual se observe, su definición dentro de la investigación. Por esto, en el presente trabajo se retoma lo expuesto por Stake (1998) respecto



al estudio de caso, concibiéndolo de este modo como el enfoque de esta investigación, el cual busca evaluar los detalles de las interacciones de los sujetos con sus contextos, y preocuparse por “la particularidad y la complejidad en un caso singular para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (p. 9). Además, vale decir que se consideró adecuada para este trabajo la distinción que el mencionado autor hace del estudio de caso, al diferenciarlo en tres tipos: el intrínseco, instrumental y colectivo. Respecto al primero, Stake (1998) indica que este busca alcanzar una mayor comprensión del caso que se ha seleccionado, ya que tiene un interés en sí mismo, el segundo por su parte se utiliza como medio para obtener información sobre otro fin investigativo y el tercero cuando se trata de elegir varios casos para comprender un fenómeno, problema o población.

En consecuencia, es necesario anotar que esta investigación cumplió con las condiciones de un estudio de caso instrumental, el cual como ya se mencionó consiste en elegir un caso que servirá como instrumento para analizar una situación particular, razón por la cual participaron como caso cuatro estudiantes y la situación objeto de análisis fueron las visiones críticas de ambiente que surgieron con la aplicación de la estrategia didáctica, donde el elemento más relevante fue la utilización de los SAD.

Partiendo de las consideraciones del autor señalado, al reconocer el estudio de caso como un enfoque es fundamental identificar también el paradigma bajo el que se orienta, el cual consiste en un sistema de creencias, supuestos teóricos, principios, valores y técnicas que soportan la visión que tiene una comunidad científica sobre la realidad y que conllevan a la búsqueda de respuestas y soluciones válidas, frente a los problemas sobre los cuales se investiga (Kuhn, 1970). En relación a esto, se encuentra que los tres grandes paradigmas que sustentan la investigación científica son el positivista, el socio-crítico y el constructivista o hermenéutico, siendo el primero de corte cuantitativo y los dos últimos cualitativos, aunque el socio-crítico se



concentra más en la crítica y la transformación de la realidad y el constructivista en la comprensión, construcción e interpretación de la misma (Guba y Lincoln, 1994).

Por esto y considerando la importancia de tener claridad en la concepción del problema de estudio y la metodología a seguir para responder a la pregunta de investigación propuesta y a los objetivos formulados, el paradigma en el que se enfoca esta investigación es el constructivista. Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2010) afirman que el constructivismo es un sustento para la investigación cualitativa, en tanto que los resultados no pueden ser generalizados con independencia del contexto y el investigador se introduce en las experiencias de los participantes construyendo el conocimiento con ellos e implicándose en el fenómeno estudiado.

En relación a esto, Ortiz (2000) y Lincoln y Guba (1994) plantean que desde lo ontológico, este paradigma considera que la realidad es una construcción social, que da lugar a múltiples apreciaciones, resultantes en este caso de la situación que se estudia, la percepción de los investigadores y la valoración del observador externo, por lo que se sustenta en la comprensión, la interpretación, el significado y la acción en lugar de la explicación, la predicción y el control. En cuanto a lo epistemológico Ortiz (2000) y Ramos (2015) apuntan a que no hay distinción entre el sujeto y el objeto de estudio, razón por la que el investigador puede actuar con las personas de diferente forma. Respecto a lo axiológico, se destaca que este reconoce que en todo el proceso investigativo, en especial, en lo relativo a la recolección e interpretación de datos, está implicado la subjetividad de los investigadores, y que el valor de las interpretaciones puede variar según el interés y la credibilidad (Creswell, 1994; Bertely, 2001).

De otro lado, el asunto retórico de este paradigma recurre a la narrativa personal y literaria, destacándose el uso del lenguaje propio de los investigados, ya que son sus realidades las que se están reedificando y son los directamente involucrados (Lincoln y Guba, 1994). Por último, en lo relativo al aspecto metodológico se encuentra que el paradigma constructivista parte de un



Facultad de Educación

proceso inductivo de donde se elaboran categorías de análisis con base en la información recolectada, donde están implicados según Ortiz (2000) el refinamiento hermenéutico y la contrastación dialéctica, en el sentido de que se describa, interprete y compare las construcciones que hacen los actores (participantes, investigadores) sobre la realidad del fenómeno estudiado, con el objetivo de permitir la reconstrucción de la misma.

Como punto final, es importante anotar que “la metodología de la investigación educativa bajo la influencia del paradigma constructivista está representada, principalmente, por la corriente de metodologías etnográficas: estudio de casos, trabajo de campo, etnografía, entre otras” (Ortiz, 2000, p. 14) lo que es congruente con el enfoque elegido para esta investigación.

6.1. Contexto de la investigación

Esta investigación se realizó en la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, ubicada en el municipio de Medellín (Antioquia), que ha sido destacada a nivel municipal por sus procesos de alta calidad y por enmarcar el papel de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para formar en “capacidades críticas y con sentido social” (I. E. Pbro. Antonio José Bernal Londoño S. J, 2010) (Figura 4).

El estudio de caso estuvo constituido por cuatro estudiantes, que fueron seleccionados en acuerdo con la docente cooperadora, teniendo en cuenta la participación y asistencia a clases, y que estuvieran en diferentes niveles de rendimiento académico. Este último aspecto permitió consolidar un grupo de estudiantes heterogéneo y diverso del grado octavo de secundaria, cuyas edades oscilan entre los 13-17 años (Figura 4).

La Institución Educativa que se encuentra ubicada cerca del Río Medellín y varias empresas dedicadas a la fabricación de ladrillo y fundición de hierro que producen malos olores y emisión de sustancias tóxicas en ciertas horas del día. Además, la Institución es aledaña a una vía



principal altamente congestionada por vehículos pesados, autobuses, automóviles y motocicletas, lo que genera contaminación auditiva y del aire durante el día, agudizándose en el horario de la jornada escolar. A parte de esto se encuentra rodeada de barrios vulnerables, donde confluyen problemáticas sociales como: altos índices de violencia, consumo, venta y distribución de drogas, analfabetismo, desempleo, embarazos a temprana edad y violencia intrafamiliar.

Todo esto influye en que haya estudiantes con diversas personalidades, opiniones, modos de ver el mundo y concebir su realidad. Es por esto que es difícil homogenizar un grupo en torno a una situación dada, por todas las diferencias que convergen, lo que a su vez representa una ventaja en el aula de clase, pues permite conocer varios puntos de vista atravesados por sus emociones, conocimientos vivenciales y testimonios de sus familias. El caso seleccionado para esta investigación se caracterizó por ser estudiantes que formulan constantemente preguntas respecto a diferentes fenómenos de la naturaleza, inquietos, curiosos, ruidosos, sensibles a las problemáticas ambientales que aquejan a su ciudad y a su país.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Una técnica de recolección de datos, de acuerdo con Campoy y Gomes (2009) es aquella que nos provee los elementos necesarios para recoger información oportuna para el tema investigado y que esté en relación con el método de investigación. En búsqueda de técnicas que permitan no sólo contemplar el fenómeno, sino ser parte activa de este como docentes investigadoras, fue necesaria la aplicación de la observación participante y la entrevista semiestructurada como técnicas que se complementan para recolectar integralmente los datos con sus respectivos instrumentos. Adicionalmente, se tuvo en cuenta los documentos y evidencias aportados por los estudiantes durante la implementación de una UEPS. Conviene subrayar que con el objetivo de hacer uso de esta información fue necesario elaborar un consentimiento de autorización para el uso y tratamiento de la información, dicho documento fue firmado por los padres de familia y/o



acudientes de los participantes, ya que son menores de edad; dando cumplimiento a los criterios éticos propios de esta investigación (ver anexo 4).

6.2. Observación participante

Se caracteriza porque “el observador tiene una participación tanto externa, en cuanto a actividades, como interna, en cuanto a sentimientos e inquietudes” (Campoy y Gomes, 2009, p. 277). Esta técnica, junto con la entrevista semiestructurada permitió adquirir la información para evaluar los objetivos planteados dentro de esta investigación, pues posibilitó recoger, analizar e interpretar las actividades propuestas dentro de la UEPS. El diario de campo o bitácora fue instrumento de esta técnica, diligenciado luego de la aplicación de cada fase de la UEPS por cada una de las investigadoras (ver Figura 3) que posteriormente fueron triangulados en búsqueda de aspectos reiterativos para el análisis de resultados, el cual según Alzate y Sierra (2000) es una clase de diario personal, donde se incluyen anotaciones de lo observado que puedan proveer elementos relevantes para un posterior análisis sobre el fenómeno investigado.



Universidad de Antioquia					
Facultad de Educación. Licenciatura en educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental					
Formato de diario de campo. Línea de investigación TIC-Enseñanza de las Ciencias.					
Nombre del practicante/grupo					
Lugar de práctica:		Fecha:			
Titulo de unidad didáctica					
Fase	Descripción de la actividad				
Procesos evaluativo	Recogida de datos				
Materiales	Espacios	Recursos			
Observación					
Preguntas que se generan durante la práctica y/o observaciones adicionales					

Figura 3. Formato de diario de campo.

6.3. Entrevista semiestructurada

La entrevista por su parte se entiende como un proceso de intercomunicación donde se establece un dialogo de doble vía entre el entrevistador y los entrevistados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; Campoy y Gomes, 2009), que permite un flujo de información susceptible de ser analizada como complemento de la observación; además de esto, conocer el lenguaje, creencias, percepciones y actitudes de los estudiantes frente a los temas de interés para este trabajo.

En este orden de ideas, la entrevista semiestructurada fue el modelo más apropiado para el enfoque de esta investigación, ya que en esta no se planea un formato de preguntas rígido sin posibilidad de cambios, sino que permite durante su desarrollo que se planteen otras, siempre y



cuando no se alejen mucho del problema de investigación; es decir, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “las entrevistas semiestructuradas se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información” (p. 403).

Para la realización de esta entrevista se tuvo en consideración un conjunto de preguntas vinculadas a dos objetivos específicos, la cual se ejecutó una vez terminada la fase cuatro de la UEPS (Anexo 5), se aplicó a los estudiantes que constituyeron el estudio de caso de este trabajo.

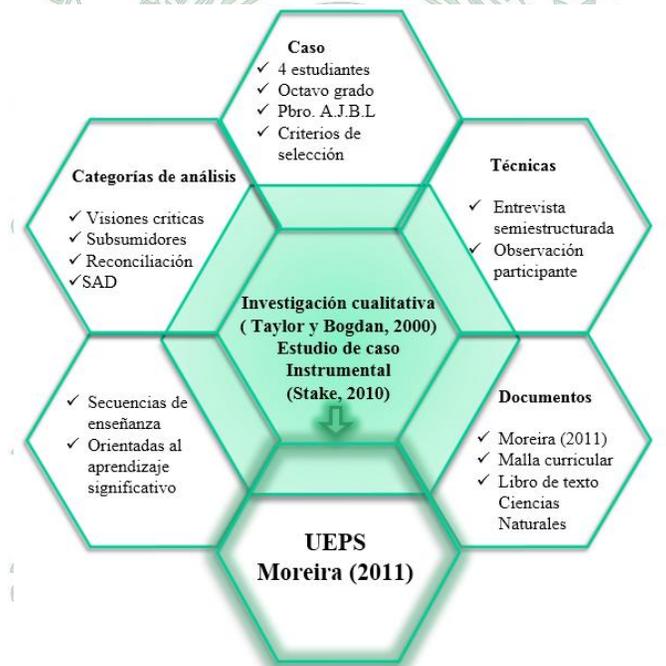


Figura 4. Estructura conceptual del estudio de caso. Adaptado de: Abellán, I. (2016). Con licencia Reconocida-NoComercial-CompartirIgual. 3.0 Unported de Creative Commons

6.4. Unidad de enseñanza potencialmente significativa

En este apartado se describe el diseño de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa (UEPS) que fue desarrollada con un grupo de 12 estudiantes del grado 8-A de la I.E, de la cual se seleccionaron 4 estudiantes para el estudio de caso. En esta lógica, los



propósitos de las actividades propuestas en la UEPS fueron: propiciar tanto las visiones críticas de ambiente como la diferenciación progresiva, la reconciliación integradora y la identificación de subsumidores relevantes de los estudiantes respecto a los agentes químicos que causan contaminación del aire, a partir de la problemática que se vivencia en la ciudad de Medellín; teniendo en cuenta los principios elegidos de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (2005) y las habilidades de pensamiento crítico desarrollados en el marco teórico.

En palabras de Moreira (2011) las UEPS son

(...)secuencias de enseñanza fundamentadas teóricamente, orientadas al aprendizaje significativo, no mecánico, que pueden estimular la investigación aplicada en enseñanza, es decir la investigación dedicada directamente a la práctica de la enseñanza en el día a día de las clases (p. 2).

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la malla curricular propuesta por la Institución Educativa para el área de Ciencias Naturales en el grado octavo, se plantearon ocho aspectos secuenciales o pasos, que fueron resumidos en cuatro momentos que los integran; es decir, no se omitieron, sino que se agruparon de la siguiente manera:

- 1. Exteriorización del conocimiento previo que comprendió la definición del tema que fue abordado “la atmósfera como recurso” y la creación de situaciones problema que permitieron saber los subsumidores relevantes de los estudiantes sobre la “Calidad del aire en Medellín”.** En un primer momento, se propuso una actividad que consistió en que cada estudiante tenía un pañito húmedo y debió tomar una muestra de algunas superficies como ventanas, mesas, sillas, haz de las hojas de las plantas, pasamanos de las escalas, palmas de las manos, entre otros; se sugirió que cada uno eligiera un lugar en particular y para ello, tenían la posibilidad de desplazarse por la



institución en un periodo de tiempo de 10 minutos. Posteriormente, cada estudiante rotuló en una cartulina su muestra con el nombre del lugar donde fue tomada, su nombre, hora y algunas de sus impresiones durante esta demostración para exponerla a sus compañeros y así evidenciar que el fenómeno de contaminación del aire no es ajeno, sino que, por el contrario, es palpable desde su diario vivir.

2. Para llevar a cabo esta fase y como complemento de la primera actividad, se propuso llevar un compendio de noticias actualizadas (Anexo 4) referentes a la contaminación de la ciudad en el 2017 y 2018. Este conjunto de noticias fue distribuido para ser trabajado por grupos de tres integrantes. A partir de la lectura, los estudiantes debían dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué crees que es el aire?
- ¿Crees que es lo mismo atmósfera que aire? Explica tu respuesta.
- ¿De qué crees que está hecho el aire? ¿Tiene los mismos componentes el aire contaminado que el limpio?
- ¿Crees que el aire que respiras está contaminado? Justifica tu respuesta.
- ¿Por qué crees que se contamina el aire?
- ¿Cómo piensas que se puede tener un aire limpio?
- De acuerdo con la lectura de la noticia, ¿cómo crees que está el aire en Medellín? ¿por qué?

Las ideas que se generaron en torno a estas preguntas fueron discutidas en una mesa redonda con la totalidad del grupo. Esto permitió que cada grupo diera cuenta de su construcción, pero también que se informara de lo que pensaban y generaban sus compañeros en torno a las noticias trabajadas, que tienen la misma temática pero diferentes enfoques de la problemática; es decir,



algunas de estas noticias presentaban tópicos como: la movilidad, afectaciones a la salud y agentes contaminantes.

Esta primera actividad permitió conocer el grado de apropiación y conocimiento que tenían los estudiantes frente a la problemática del aire en la ciudad, por medio del uso del lenguaje empleado para referirse a ella y de esta forma planear las estrategias a partir de las cuales se pudo abordar la introducción del tema, para así poder articularse con las demás actividades. Por otro lado, en la evaluación se tuvo en cuenta el grado de participación de los estudiantes, el interés, la disciplina, el respeto por la palabra del otro y la respuesta a las preguntas iniciales; las cuales fueron un insumo para el análisis (los trabajos se entregaron al final de la clase).

- 3. Proponer situaciones problema como una forma de introducir el conocimiento que se pretendía enseñar, ante al cual el estudiante podía representar mentalmente la situación que se dio a conocer, acercándose al problema en cuestión.** En un segundo momento, se propuso la realización de un mapa conceptual que se presenta en la figura 5, preparado por las docentes, el cual fue entregado a cada estudiante y que está relacionado con aspectos generales de la atmósfera, su composición, todos los fenómenos que alteran

la calidad del aire, implicaciones en los ecosistemas y en la salud, así como sistemas de monitoreo en la ciudad por medio de los SAD.

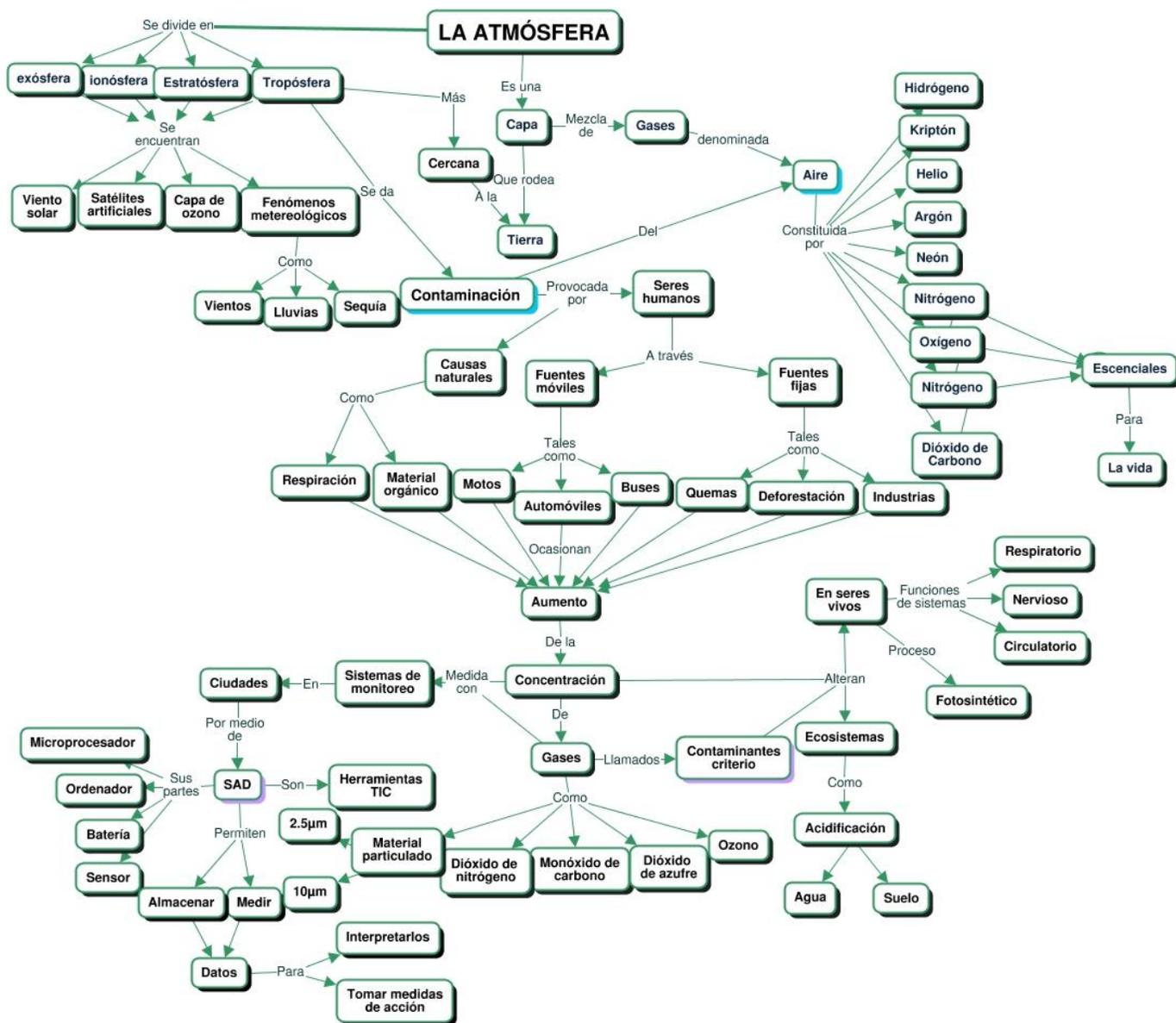


Figura 5. Mapa conceptual de resumen de temáticas abordadas. Fuente: Elaboración propia.

En esta fase se llevó a cabo también una representación del sistema respiratorio humano con el fin de mostrar cómo se obstruye y posteriormente se perjudica a causa de la contaminación del aire, por lo que esta actividad se realizó para introducir el tema de los contaminantes atmosféricos y las implicaciones que tienen para la salud en los humanos y



por ende en otros seres vivos. Se desarrolló con la ayuda de una botella de plástico con tapa, pitillos, bombas, cinta y un marcador delgado permanente (Figura 6) y se hizo de manera individual, proporcionándoles a los estudiantes los materiales mencionados anteriormente.



Figura 6. Montaje realizado para la actividad sobre el sistema respiratorio

Es importante resaltar que para la evaluación de esta actividad se tuvo en cuenta el desempeño de cada estudiante al realizar la representación, en cuanto a su creatividad, responsabilidad, organización y compromiso. Además de sus aportes dentro del desarrollo de la clase.



4. Presentación del conocimiento que debe ser aprendido retomando aspectos estructurantes del contenido de la unidad. El grado de complejidad en este momento, es más alto, ya que debe propiciar una reconciliación integradora entre lo aprendido hasta el momento y esta etapa de la unidad. Aquí se propuso la actividad llamada “Monitoreo mi aire”, la cual consistió en medir los agentes químicos contaminantes del aire sin distinguirlos es decir, el SAD proveía un resultado numérico que era proporcional al grado de contaminación.

El sensor con el que contamos se llama *Winsen MP503*, pero comercialmente se conoce como un *Grove - Air Quality Sensor v1.3*, en otras palabras es un sensor de calidad del aire, que mide cualitativa y cuantitativamente los gases contaminantes sin identificarlos, por lo que no arrojaba unidades en términos de concentración, sino un rango de medida proporcional a la cantidad de contaminantes presentes en el aire; es decir, se presentaba un intervalo de valores que permitían identificar si la calidad del aire en determinado lugar era normal, presenta incidencia alta o baja de contaminantes.

Es importante señalar que previo a la actividad “Monitoreo mi aire”, se planteó un trabajo de sensibilización con los SAD, en el cual los estudiantes tuvieron la oportunidad de manipular sensores de temperatura, al medir y registrar el cambio de esta variable en diferentes plantas por un tiempo de dos minutos cada cinco minutos. Igualmente, en la presentación del mapa conceptual se explicó de nuevo el funcionamiento de estas herramientas haciendo énfasis en los sensores de calidad del aire.

Una vez afianzado su uso, se procedió al desarrollo de la actividad propuesta “monitoreo mi aire” con los estudiantes, los cuales conformaron grupos de a cuatro; cabe resaltar que cada equipo tuvo a cargo un sensor, y cada uno de sus integrantes asumió un rol específico. Por esto, dos estudiantes fueron los encargados de sostener y manipular el



SAD, otro del tiempo y la disciplina y el que descargó en su celular la aplicación Bluetooth terminal HC-05, solicitada con anterioridad, tuvo la función de registrar y guardar los datos arrojados durante las mediciones.

De otro lado, los alumnos tuvieron la responsabilidad de seleccionar los tres lugares dentro de la institución que consideraban tenían alta, normal y baja incidencia de contaminación, para luego desplazarse a estos sitios y tomar las respectivas mediciones con el SAD. Para ello contaron con un tiempo aproximado de media hora de clase, realizando los registros cada cinco minutos. Después de tomar los datos se retornó al aula donde se planteó una discusión por equipos en torno a una serie de cuestionamientos (Anexo 5).

- 5. Como último momento, se encuentran integradas tres fases, que buscaron: la reconciliación integradora, la evaluación y las evidencias que dan muestra de los modelos explicativos que elaboran los estudiantes, el dominio conceptual, la progresión y captación de los significados que demuestren la comprensión de las situaciones propuestas.** Se propuso la actividad “ecoprensa” que consistió en la elaboración individual de una noticia acerca de la contaminación del aire, con ayuda de materiales solicitados con anticipación (cartulina, imágenes de revistas, colores, marcadores, colbón, tijeras, etc.) y siguiendo las pautas que se presentan a continuación:
1. Elaboración de un título que sea llamativo y que esté en relación con la temática en cuestión, teniendo como límite 20 palabras.
 2. Incluir mínimo una y máximo cuatro imágenes concernientes a los temas abordados en esta unidad.



3. Elaboración de un texto con sus palabras que dé cuenta de lo que piensa acerca de la problemática de contaminación del aire en Medellín, donde proponga alternativas de solución y propicie una reflexión. Esta noticia se realiza en un cuarto de cartulina.
4. Debe incluir un apartado con los resultados arrojados por los SAD y su respectiva interpretación.
5. Finalmente debe incluirse una frase alusiva al cuidado del ambiente, teniendo en cuenta sus propias perspectivas.

Cabe resaltar que el propósito de la ejecución de esta actividad fue la identificación de las visiones críticas con relación a la problemática de la contaminación del aire que los afecta día a día. Asimismo, evidenciar la apropiación referida a los conocimientos y temáticas vistas en las sesiones, cómo relacionan dichas temáticas con su diario vivir y las posibles soluciones que proponen para mitigar el impacto de dicho fenómeno de la ciudad.

A continuación, se expone a modo de síntesis, la tabla 3 que da cuenta de toda la UEPS con sus respectivas fases.



Tabla 3. Síntesis de la UEPS

Fase/momento	Actividad	Duración	Objetivo	Materiales	Instrumento para recolección de información
Exteriorización del conocimiento previo	Análisis de noticias	2 horas	Conocer los conocimientos previos referentes a la problemática de contaminación del aire y de las nociones que tienen de atmósfera.	Noticias impresas Lápiz Hojas	Observación participante Grabaciones de audio Fotografías Diario de campo
Proponer situaciones problema	Mapa conceptual y toma de muestras	2 horas	Introducir a los estudiantes a los fenómenos que se quieren enseñar y a la situación problema.	Pañitos húmedos Cartulina Cosedora Marcadores Tiza	Apuntes de estudiantes Observación participante Evidencias de los estudiantes Registro fotográfico
Presentación del conocimiento	Monitoreo mi aire	4 horas	Medir los agentes químicos que contaminan el aire. Analizar e interpretar la información arrojada por los SAD de acuerdo con los temas abordados.	SAD Celulares Hojas Lápiz	Grabaciones o diario de campo Observación participante Grabaciones o diario de campo Registro fotográfico
Integración de la reconciliación integradora, la evaluación y las evidencias	Ecoprensa	2 horas	Construir una noticia en la que dé cuenta la visión personal referente a las temáticas abordadas en clase.	Cartulina Recortes de revistas Tijeras Pegamento Regla Marcadores	Datos proporcionados por los SAD Observación participante Registro fotográfico Evidencias de los estudiantes Grabaciones o diario de campo

6.1 Procedimiento de análisis de información

Posterior a la recolección de información, luego de la aplicación de la UEPS planteada para este trabajo, el proceso de análisis se sustentó a partir de Cisterna (2005) desde una racionalidad hermenéutica que implica construir conocimiento a partir de procesos de interpretación que hace



el investigador, dando validez y confiabilidad a este, a través del uso del lenguaje como un acto comunicacional descrito bajo este enfoque.

En este análisis se establecieron unos tópicos a partir de la relación que hay entre el objetivo general, los específicos, el marco teórico y la implementación de la UEPS, previamente descritos. En palabras de Cisterna (2005) “estos tópicos se materializan en el diseño de la investigación por medio de categorías apriorísticas, con su correspondiente desglose en subcategorías, constituyendo así la expresión orgánica que orienta y direcciona la construcción de los instrumentos recopiladores de la información” (p. 65). Seguido de esto, se describe cada uno de los procesos para dicho análisis.

En un primer momento se categorizó y codificó la información de forma escrita, lo que permitió en palabras de Bonilla y Rodríguez (2005) “fraccionar el universo de análisis en subconjuntos de datos ordenados por temas para luego recomponerlo inductivamente en categorías culturales que reflejen una visión totalizante de la situación estudiada” (p. 138)

De acuerdo con Cisterna (2005) se debe agregar que los objetivos de la investigación permitieron el surgimiento de las categorías de análisis, así como las subcategorías. La formulación de estas categorías apriorísticas y subcategorías emergentes correspondieron con el marco teórico, planteamiento de problema y actividades dentro de la UEPS. A cada participante se le asignó un color, así como una letra seguida de un número para sistematizar la información obtenida con cada uno de los instrumentos utilizados.

Seguido de la categorización, se buscó la cantidad de recurrencias dentro de las fuentes de información, para dar soporte a los hallazgos encontrados. Esta suma de reiteraciones permitió identificar subcategorías emergentes que “surgen desde el levantamiento de referenciales significativos a partir de la propia indagación” (Cisterna, 2005, p. 64). En la Tabla 6 se presenta la síntesis de este proceso.



Con la información categorizada y codificada se procedió a un análisis de contenido, que tuvo como finalidad la interpretación y comprensión de la información recolectada de los instrumentos utilizados en la intervención (Bautista, 2011). Este análisis de contenido se hizo para cada uno de los participantes, depositando los datos obtenidos en una matriz con cada una de las categorías y subcategorías, en las cuales se realizó una síntesis de lo encontrado por cada instrumento utilizado en la recolección de datos, incluido el diario de campo, instrumento de la observación participante. Se debe agregar al respecto que el análisis de contenido se efectuó partiendo de las categorías y luego de las subcategorías.

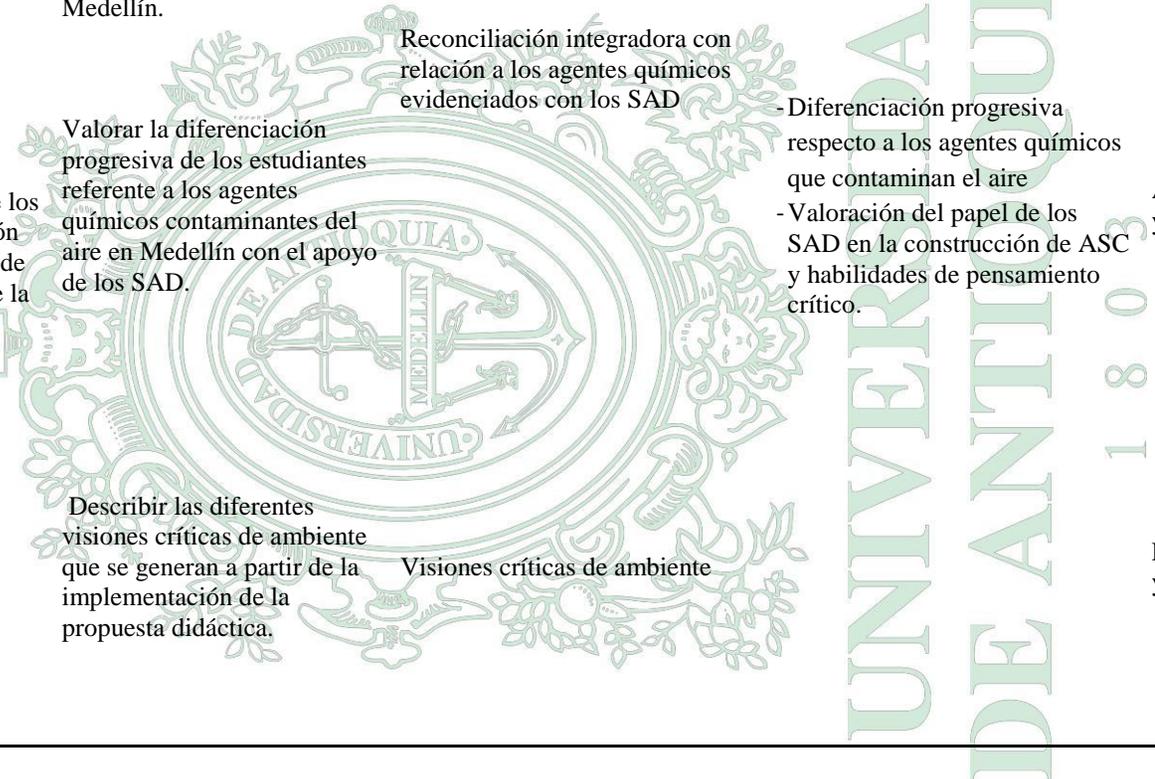
Seguido de esto se da un proceso de triangulación, entendido como un diálogo entre las fuentes de información que surge de las evidencias recolectadas, el marco teórico de la investigación y la observación de las investigadoras sobre los hechos que son susceptibles de análisis e interpretación. Al respecto, conviene subrayar que el análisis de la información atraviesa un proceso de selección cuidadosa de la indagación atendiendo los criterios descritos por Cisterna (2005) los cuales son la pertinencia y la relevancia, elementos tenidos en cuenta en esta investigación.

Habría que decir también que la triangulación con el marco teórico articula la teoría con la interpretación de las evidencias, dándole sentido y significado a esta investigación, en tanto que permite realizar conclusiones a la luz de aprendizaje significativo crítico y los SAD como herramienta potencialmente significativa. En ese orden de ideas Cisterna (2005) entiende el proceso de triangulación hermenéutica como “la acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio surgida en una investigación” (p. 68).

En la Tabla 4 se presentan las categorías definidas y las subcategorías de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación, así como los instrumentos utilizados en la recolección de la información.

Tabla 4. Categorías y subcategorías definidas para el análisis de la información

Objetivo general	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Instrumentos
Analizar el aporte de los SAD a la construcción de una visión crítica de ambiente, a través de la medición de agentes químicos que contaminan el aire.	Identificar los subsumidores relevantes que tienen los estudiantes respecto a la problemática de la contaminación del aire en Medellín.	1.Subsumidores relevantes respecto a la contaminación del aire en Medellín		Audios, diarios de campo y productos de los estudiantes
	Valorar la diferenciación progresiva de los estudiantes referente a los agentes químicos contaminantes del aire en Medellín con el apoyo de los SAD.	Reconciliación integradora con relación a los agentes químicos evidenciados con los SAD	- Diferenciación progresiva respecto a los agentes químicos que contaminan el aire - Valoración del papel de los SAD en la construcción de ASC y habilidades de pensamiento crítico.	Audios, entrevista, ecoprensa y diario de campo.
	Describir las diferentes visiones críticas de ambiente que se generan a partir de la implementación de la propuesta didáctica.	Visiones críticas de ambiente		Entrevista, audios, ecoprensa y diarios de campo





7. Análisis de resultados

Este proceso de análisis de la información se realizó teniendo en cuenta varios pasos secuenciales, el primero de ellos fue la recolección a partir de la implementación de una UEPS, luego la transcripción de las entrevistas y de las socializaciones de las diferentes actividades contempladas en la unidad. Asimismo, se transcribieron los diferentes documentos aportados por los estudiantes que hicieron parte del caso. Seguido de esto, se codificó la información con el fin de construir tablas que articularan lo recolectado por instrumento y por categoría. A cada participante se le asignó un código y un color, siendo L1 el color azul, J2 el rojo, J3 el verde y D4 el morado.

Todo esto se construyó a partir de cuatro instrumentos que permitieron establecer y analizar tres categorías apriorísticas, y una subcategoría emergente de la segunda categoría denominada reconciliación integradora con relación a los agentes químicos medidos con los SAD; la tabla 6 da cuenta de esta clasificación. A continuación, se discuten los hallazgos por cada una de las categorías y subcategorías.

7.1. Subsumidores relevantes en torno a la contaminación del aire en Medellín

Durante la implementación de la UEPS fue muy importante la identificación de esos subsumidores o ideas anclaje, ya que, a partir de ellos se dan procesos reconciliadores, entendidos como aquellos que contribuyen a la adquisición de nuevos significados producto de su modificación. En palabras de Moreira (1997) “el conocimiento previo sirve de matriz “ideacional” y organizativa para la incorporación, comprensión y fijación de nuevos

conocimientos cuando éstos “se anclan” en conocimientos específicamente relevantes (subsumidores) preexistentes en la estructura cognitiva” (p. 2).

En este orden de ideas, se analizó esta categoría con el fin de conocer los subsumidores más relevantes de los estudiantes en torno a la problemática de la calidad del aire en la ciudad de Medellín; para lo cual fue necesario hacer explícito el lenguaje químico que usan al referirse a este fenómeno, específicamente, a los agentes químicos que componen el aire, así como la diferencia que existe entre el aire contaminado y el que no lo está. Con relación al primer aspecto, en la primera fase de la UEPS (exteriorización del conocimiento previo), se identificó que los estudiantes solo reconocen dos agentes químicos que componen el aire, los cuales son el oxígeno y el dióxido de carbono.

A continuación se presentan en la Tabla 5, las respuestas frente a algunas preguntas que fueron realizadas en la socialización de las noticias propuestas en esta fase (Ver UEPS fase 1), con el fin de conocer los subsumidores relevantes de los estudiantes.

Tabla 5. Identificación de los subsumidores relevantes en torno a la contaminación del aire en la ciudad de Medellín.

Preguntas	L1	J2	J3	D4	Instrumentos
¿Qué crees que es el aire?	“son partículas de diferentes elementos químicos combinados”	“el aire es lo que respiramos y lo que las plantas y naturaleza nos dan, que es el oxígeno”	“el aire es lo que respiramos y lo que las plantas y naturaleza nos dan, que es el oxígeno”	“el aire es lo que respiramos y lo que las plantas y naturaleza nos dan, que es el oxígeno”	(fuentes: Diarios de campo y tomas de muestras, 1 de agosto del 2018)
¿De qué crees que este hecho el aire?	“Dióxido de Carbono, oxígeno, partículas, átomos, vapor de agua y gases nobles” “el aire	“oxígeno y viento” “el aire	“oxígeno y dióxido de carbono”	“dióxido de carbono y oxígeno” “El aire	(fuentes: Diarios de campo y tomas de muestras, 1 de agosto del 2018) (fuentes:



¿Tiene los mismos componentes el aire contaminado que el limpio?	<i>contaminado tiene partículas de polvo y suciedad"</i>	<i>contaminado tiene más bacterias, más enfermedades y virus"</i>	<i>"El aire está sucio, tiene malos olores y tiene partículas malas"</i>	<i>contaminado tiene partículas de polvo, entonces si es polvo como va a ser limpio, si se junta con polvo o bacterias, entonces no van a ser iguales"</i>	Diarios de campo y tomas de muestras, 1 de agosto del 2018)
--	--	---	--	--	---

De igual modo, se muestra en las figuras 7, 8, 9 y 10 las evidencias recolectadas en la actividad de toma de muestras planteada también en la fase 1, que permitieron junto con la actividad anteriormente mencionada, identificar los subsumidores relevantes para esta categoría ya que se invitó a los estudiantes a escribir sobre las posibles causas asociadas a lo observado y muestreado en las diferentes superficies de la Institución Educativa con los pañitos húmedos.

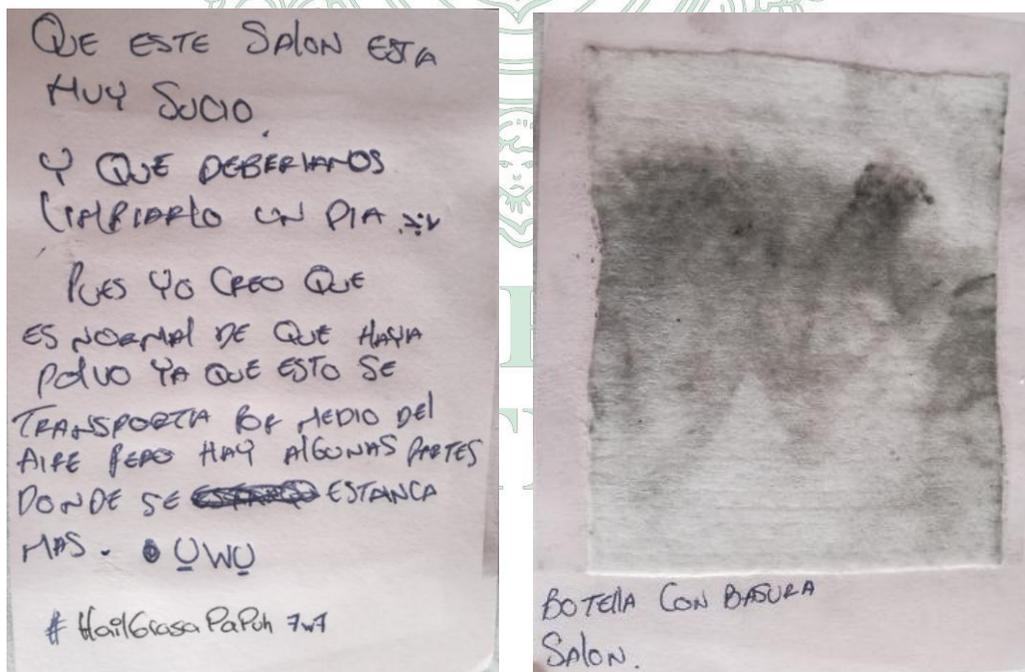


Figura 7. Toma de muestras L1, 01 de agosto de 2018.

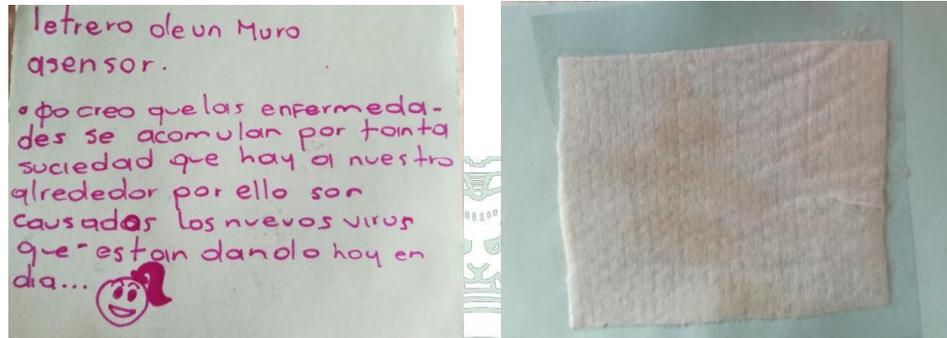


Figura 8. Toma de muestras J2, 01 agosto de 2018.

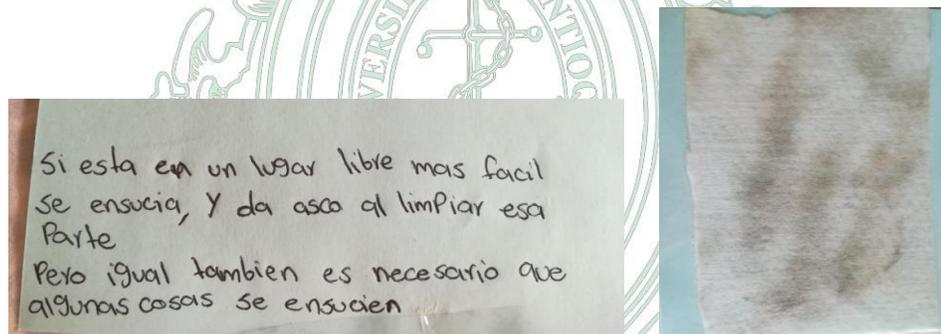


Figura 9. Toma de muestras J3, 01 de agosto de 2018.

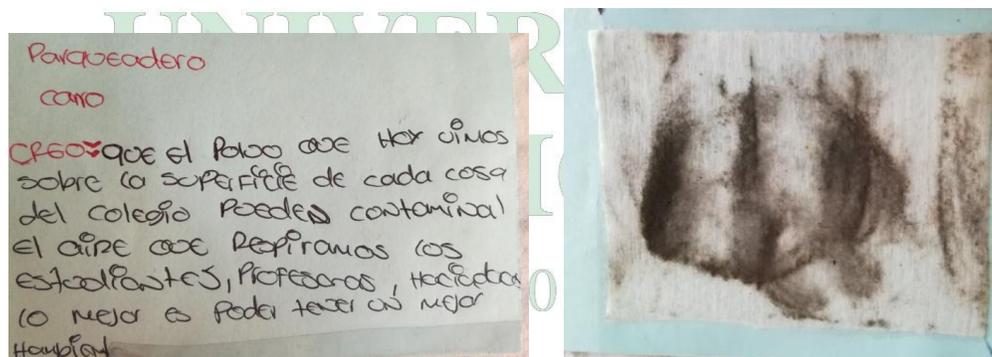


Figura 10. Toma de muestra de D4, 01 de agosto de 2018.



De acuerdo con estas evidencias, se destaca que los participantes reconocen determinados agentes que están en el aire; sin embargo, algunos de los mencionados no son relevantes para esta investigación, tal es el caso de lo manifestado por J2: viento, bacterias y virus. Ahora bien, el oxígeno y el dióxido de carbono, que son más de nuestro interés por ser agentes químicos que constituyen el aire, son los más mencionados por los estudiantes, aunque cabe aclarar que no son los únicos componentes, como se muestra en el marco teórico de este trabajo, y que tampoco son agentes contaminantes del aire.

Por lo anterior, se puede constatar que los estudiantes no tienen un lenguaje químico apropiado para su edad y para el grado que cursan, pese a que, los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) (2016) del área de ciencias naturales muestra que, en estas instancias de su formación escolar, ya deberían saber qué son elementos, mezclas y compuestos químicos, lo que daría lugar a una mayor comprensión de los agentes químicos que por sus concentraciones en el aire lo contaminan. Esto se puede notar en lo expresado por L1 en la primera pregunta al decir que el aire son partículas de diferentes elementos químicos combinados.

Lo dicho hasta aquí muestra que esto no se cumple, ya que lo observado indica lo contrario, pues las evidencias recolectadas muestran que los estudiantes tienen unos subsumidores con relación a la calidad del aire, que no dan cuenta como se mencionaba, de un lenguaje químico apropiado ni de un pensamiento molecular a pesar de conocer la problemática que se vive en la ciudad de Medellín. Habría que decir, sin embargo, que estas ideas anclaje son pocas, pero reiterativas, tal como se observa en la información recolectada (ver tabla 7 y figuras 7, 8, 9 y 10) en referencia, especialmente a las partículas malas y sucias.



Esto se convierte, según Bachelard (1948), Barco (2013) y Moreira (2003) en un obstáculo epistemológico que no permite el desarrollo del espíritu científico y la comprensión de la ciencia: por lo que el proceso de aprendizaje de la química se constituye en un factor preocupante en el ámbito escolar, capaz de generar incertidumbre y dificultad en los temas asociados a esta disciplina, considerando que, el lenguaje refleja la apropiación del conocimiento, otorgándole cierto grado de claridad y estabilidad, como condición necesaria para el aprendizaje significativo de conceptos.

En relación con lo que se ha indicado, un aspecto importante para explicar la escasez de subsumidores en este tema, es la inseguridad que los estudiantes expresan al momento de realizarles preguntas, ya que sus respuestas son superficiales. De la rosa (2011) expone que es necesario que los docentes den confianza a los estudiantes con relación al manejo del lenguaje químico y todo lo concerniente a este campo, con el fin de modificar actitudes negativas que ellos tienen en relación con el aprendizaje de la química, porque no encuentran como asociar lo que aprenden con la vida cotidiana, tal como se encontró en la evaluación de esta categoría.

En vista de esto, se tiene que los estudiantes se refieren al tema de la contaminación aludiendo solo a cuestiones visibles y perceptibles desde su experiencia; en esta lógica Jensen (1998) afirma que existe una estructura lógica para entender la química, que en el caso de los escolares se encuentra en el nivel uno, que corresponde a la dimensión molar, es decir, aquella que hace referencia a lo macroscópico, por provenir de la palabra moles que significa gran masa.



En consonancia con lo anterior, Postman y Weingartner (1969) resaltan que “estamos acostumbrados a pensar que el lenguaje expresa nuestro pensamiento y que refleja lo que vemos” (p. 99) lo que se evidenció en la socialización de las preguntas que se plantearon en el análisis de las noticias cuando los participantes L1, J3 y D4 expresaban que la contaminación del aire pudo verse reflejada en la suciedad, el polvo, el humo, los malos olores y la mugre, sin distinción de los componentes químicos y sus proporciones en el aire, salvo el dióxido de carbono, que como se había dicho fue el único componente químico al que todos se refirieron como contaminante (Diario de campo, 8 de agosto del 2018). Por lo que resulta en la apropiación de un conocimiento poco estructurado, que los conlleva al uso de un lenguaje químico limitado.

Cabe mencionar que la alusión al dióxido de carbono (que fue el gas más mencionado) por parte de los estudiantes, permite inferir que asumen el fenómeno del calentamiento global en relación a la contaminación del aire, como parte de ella, lo que dio lugar a interpretar que estas problemáticas posiblemente se han estado enseñando como procesos sinónimos y no como asociados o ellos mismos los han relacionado arbitrariamente, por ser problemáticas que afectan la atmósfera; lo que permite llegar a la conclusión de que no hay una diferenciación entre las problemáticas globales y las locales, cuyos orígenes difieren (Diario de campo, 8 de agosto de 2018). Frente a esto hay que tener en cuenta que el calentamiento global es un fenómeno natural que se ha ido agudizando por las diferentes actividades humanas, a diferencia de la contaminación del aire, que, pese a que algunas causas pueden ser de orden natural, sí es el hombre y sus prácticas quienes más influyen en él, así como la



geografía de las ciudades, las corrientes de aire, entre otras causas, tal y como se describe en el marco teórico por el IDEAM (2012).

De acuerdo con esto y con Johnstone (2010) es necesario replantear los contenidos establecidos en los currículos, especialmente en el área de la química, para evitar la suma de ideas difíciles de interiorizar, de manera que no importe más la cantidad de temas que se deban enseñar, sino la profundidad y el tiempo con el que estos sean abordados. Asimismo, la asimilación del lenguaje químico debe articular lo teórico con la realidad, tanto que les permita comprender y explicar los fenómenos cotidianos desde una perspectiva científica.

7.2. Reconciliación integradora con relación al fenómeno de la contaminación del aire

El proceso de asimilación del conocimiento por parte del estudiante se da gracias a que este comienza a organizar el nuevo conocimiento a partir de la inclusión progresiva de conceptos. Ausubel, Novak y Hanesian (1968) plantean que la mayoría de los aprendizajes se dan mediante una reconciliación integradora que permite que el individuo combine ideas nuevas y previas. Es así como se realiza un análisis de esta categoría a la luz de dos subcategorías, la primera hacía referencia a la diferenciación progresiva respecto a los agentes químicos que contaminan el aire, por lo que no se evidenció totalmente una reconciliación integradora, y la segunda, valoración del papel de los SAD en la construcción de ASC y habilidades de pensamiento crítico.



7.2.1. Diferenciación progresiva respecto a los agentes químicos que contaminan el aire

Para entender la problemática de la calidad del aire en Medellín es importante conocer los agentes químicos que componen el aire, así como los contaminantes que lo afectan, aunque es pertinente aclarar que la contaminación tiene lugar muchas veces cuando los niveles de concentración de aquellos gases que se encuentran normalmente en el aire aumentan en un nivel superior al permitido. De esta manera, dentro del contexto de este fenómeno, se abordaron como principales agentes contaminantes, aquellos denominados contaminantes criterio, los cuales pueden causar un desequilibrio ecológico y afectar gravemente a todos los seres vivos. Estos son: CO, SO₂, NO₂, O₃, MP_{2,5} y MP₁₀.

En la categoría anterior se manifestó las razones por las cuales el lenguaje químico utilizado para referirse a los agentes que componen el aire es limitado, razón por la que los participantes solo identifican el oxígeno y el dióxido de carbono. Sin embargo, luego de la aplicación de la UEPS se logró que dos de los estudiantes (L1 y D4) reconocieran el material particulado como un factor contaminante del aire, al que incorporan en sus explicaciones, como se evidencia a continuación ante la pregunta de qué es lo que contamina el aire.

“Algunos gases nobles, el material particulado, el "smog" que producen los carros y la quema de combustibles fósiles” (L1, Entrevista, 10 de agosto del 2018).

“Material particulado, los humos de las empresas, los carros” (D4, Entrevista, 10 de agosto del 2018).



A pesar de esto, no fue algo que se diera en todos los participantes, los cuales vuelven a respuestas superficiales proporcionadas con anterioridad, como se puede notar en lo siguiente, frente al interrogante ¿qué es un agente químico contaminante del aire?

“todo lo que contamina es un agente químico” (J2, Entrevista, 10 de agosto de 2018).

“las fábricas, el mal olor de las alcantarillas” (J3, Entrevista, 10 de agosto de 2018).

Hay que anotar que es significativo el hecho de que dos de ellos reconozcan el material particulado como uno de los principales contaminantes, sobre todo considerando el contexto de la ciudad de Medellín, ya que por sus características geográficas y meteorológicas es una de las ciudades en las que se encuentra en mayor presencia este contaminante, a causa de un fenómeno que se conoce como inversión térmica en los valles, con lo cual incrementa sus niveles de concentración.

Es así como D4 aunque hace mención del MP, continúa haciendo alusión a los malos olores y el humo como agentes químicos que contaminan el aire, lo que indica que la reconciliación integradora no es un proceso cognitivo con resultados a corto plazo, sino más bien progresivo. Respecto al tema, Ausubel (1968) concluye que ocurre principalmente “en procesos cognitivos implicados en conceptos abstractos y de orden superior” (p. 553). Esto se explica por el hecho de que en la estructuración de un conocimiento estable es necesario asimilar el lenguaje propio del campo científico, formalizar conceptos y aprender sus significados, lo que implica tiempo; razón por la cual en este aspecto la reconciliación integradora se logró parcialmente. Por lo tanto, aprender ciencia es aprender un nuevo lenguaje como un todo y con sus representaciones simbólicas, su sistema articulado de signos lingüísticos, en el intento de facilitar un aprendizaje



significativo crítico en situaciones formales e informales, presenciales o a distancia, virtuales o no (Moreira, 2003). Además, es necesario destacar que el reconocimiento del MP por los participantes mencionados, pudo ser a causa de que hubo una actividad de sensibilización (ver anexo 10.9), en la que se mostró como este obstruye las vías respiratorias.

Si bien, la expresión del lenguaje no es del todo satisfactoria, la reconciliación integradora en términos de este, se evidencia en que ellos resaltan la importancia que tiene la ubicación de un lugar (zonas de monitoreo) determinado dentro de las incidencias de la contaminación (expresadas como alta, media y baja) (ver figuras 11 y 12), dependiendo de los factores como los autos, las personas, el viento, las zonas verdes y las empresas. Lo descrito anteriormente, coincide con lo abordado en el marco teórico, en el cual se hace referencia a la influencia que ha tenido el aumento de fuentes móviles e industriales en el incremento de la problemática de la calidad del aire en las principales ciudades del mundo y en Medellín, causando el incremento de enfermedades y el desequilibrio ecológico; lo que es soportado por la OMS, el IDEAM, el Ministerio de Salud y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



Figura 11. Imagen satelital de la ubicación de la Institución. Fuente: Google Maps.



Figura 12. Instalaciones y alrededores de la Institución. Fuente: El Colombiano.

http://www.elcolombiano.com/historico/un_colegio_que_tiene_todos_los_colores-BYEC_158911

De esta manera, el lugar elegido con alta incidencia fue el más cercano a las fuentes móviles como autos, o sea al lado de la autopista; el de media incidencia, fue en la zona del colegio conocida como el “ventiladero” (un mirador ubicado en el nivel 1 de la Institución Educativa), caracterizado por las corrientes de aire que se pueden percibir allí; y el lugar seleccionado como



el de más baja incidencia fue el que tenía más presencia de árboles y zonas verdes. Cabe anotar que también se tuvo en cuenta el número de personas que transitan por cada uno de esos lugares.

Una vez realizadas las mediciones respectivas con los SAD en cada una de las estaciones de monitoreo previamente establecidas (Figuras 13, 14 y 15) tomando los registros en un intervalo de un minuto cada cinco minutos durante media hora, por medio de la aplicación *Bluetooth terminal HC-05* (Figuras 16), se socializó el taller propuesto en esta tercera fase de la unidad.

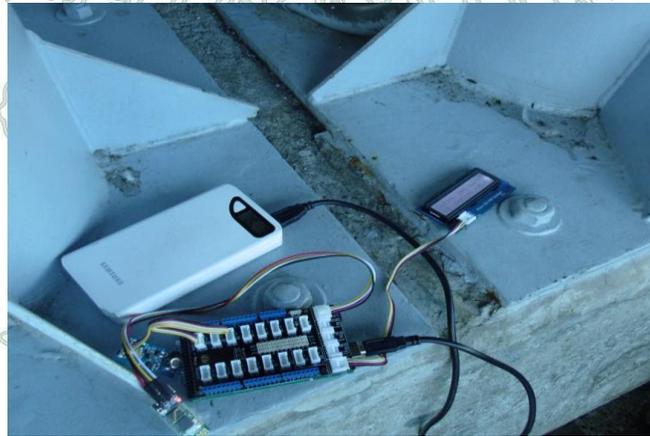


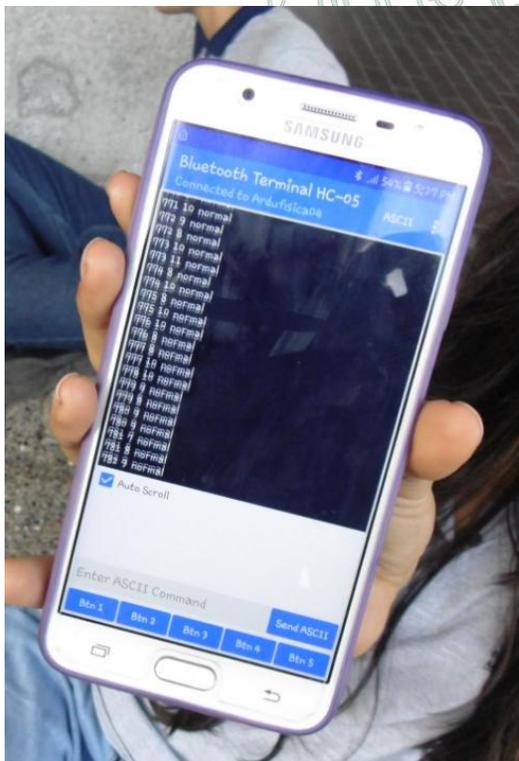
Figura 13. Estación de monitoreo con incidencia alta.



Figura 14. Estación de monitoreo con incidencia baja.



Figura 15. Estación de monitoreo con incidencia media.



```

Received Log:[8 ago. 2018 5:21:03 PM] ASCII: 6 normal
263 8 normal
263 8 normal
264 8 normal
264 8 normal
265 6 normal
265 8 normal
266 5 normal
266 8 normal
267 8 normal
267 8 normal
268 7 normal
269 6 normal
269 7 normal
270 9 normal
270 9 normal
271 7 normal
271 8 normal
272 8 normal
272 9 normal
273 6 normal
273 8 normal
274 8 normal
274 9 normal
275 9 normal
275 6 normal
276 6 normal
276 5 normal
277 5 normal
277 6 normal
278 6 normal
279 6 normal
279 6 normal
280 6 normal
280 8 normal
281 8 normal
281 8 normal

```

Figura 16. Medición y registro de datos.



De acuerdo con lo anterior y a partir de la socialización se pudo notar, que los estudiantes manifestaron no haber obtenido los resultados que esperaban en la medición con estos dispositivos. Al respecto decían que la expectativa era encontrar valores más altos de contaminación, lo que no fue así, ya que las calificaciones cualitativas y cuantitativas que el sistema estaba proporcionando de acuerdo con el lugar no eran coherentes con las que creían iban a obtener (Diario de campo 10 de agosto de 2018).

En el área que encontraron que la calidad del aire era normal, indicaron que, gracias a este resultado, en ese lugar podían hacer ejercicio con toda tranquilidad y la que resultó con incidencia alta, la señalaron como un lugar con alerta roja. En relación con esto, se presentan a continuación, en las Figuras 17 y 18, las evidencias que soportan lo dicho con antelación.

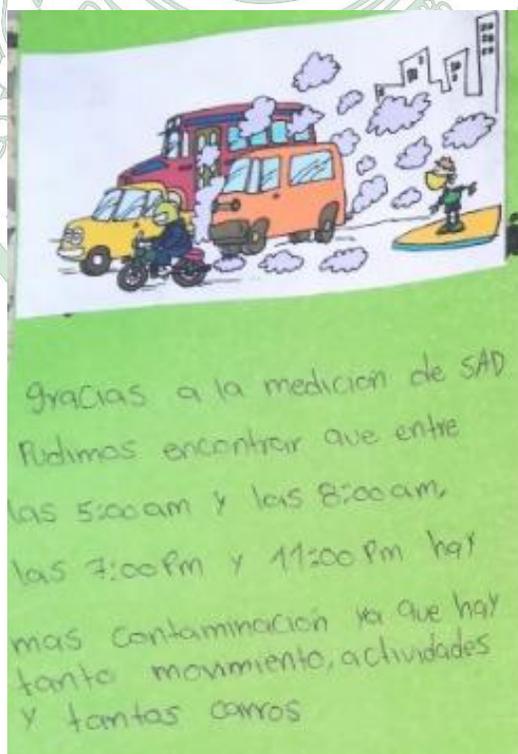


Figura 17. Fragmento de Ecoprensa de J2 (10 de agosto de 2018).

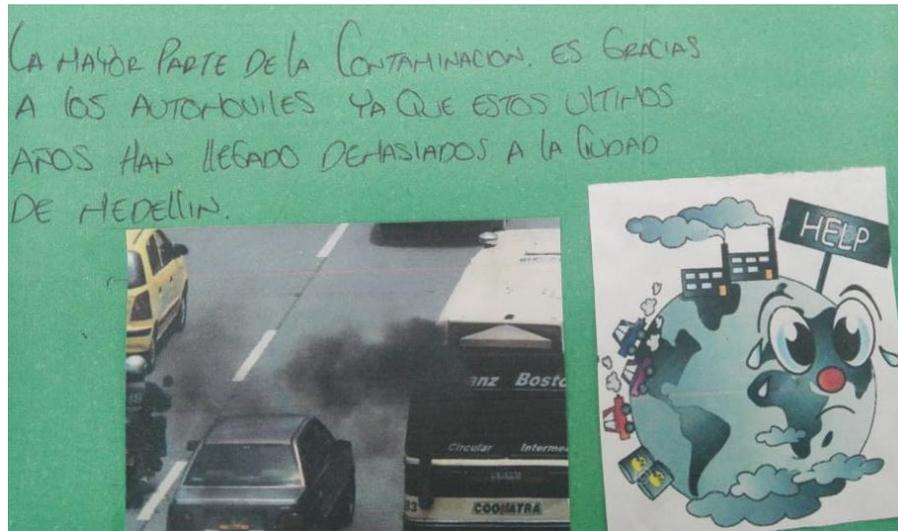


Figura 18. Fragmento de Ecoprensa de L1 (10 de agosto de 2018).

En todos los casos fue consistente la idea de que existen unos factores que generan más contaminación que otros, como los carros, las empresas y el clima. Al respecto D4 concluye después de haber hecho la medición con los SAD que “no solo los autos contaminan, sino las personas” (Diario de campo de la sesión 4, 10 de agosto de 2018). En este sentido, coinciden en que el ser humano es el directo responsable de la contaminación del aire, cuyas actividades, como las industrias y el alto flujo vehicular contribuyen al aumento de esta problemática, dando como resultado la aparición de enfermedades nuevas y otras ya existentes como el cáncer de pulmón (Diario de campo de la sesión 4 del 10 de agosto de 2018) (ver Figuras 19, 20 y 21).



Por causa de la contaminación hay tantas enfermedades y ya hay muchas personas muertas o afectadas por eso, algunas enfermedades son problemas respiratorios, bronquitis y enfermedades a nivel cerebral

Figura 19. (J2, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018).

ALTA: (alerta Roja)
 MEDIA: (alerta amarilla-naranjada)
 NORMAL: (verde)

Todos los seres humanos nos preocupamos por esta situación de la mala contaminación que nos está afectando en la salud que en la cual ocurre que están en tala de árboles que esta permite que haya menos oxígeno y el oxígeno es lo que nos permite vivir así que por esto estamos tan preocupados

ALTA: (alerta Roja)
 MEDIA: (alerta amarilla. Naranjada)
 Normal: (verde)
 Todos los seres humanos nos preocupamos por esta situación de la mala contaminación que nos está afectando la salud que en la cual ocurre que están en tala de árboles que esta permite que haya menos oxígeno y el oxígeno es lo que nos permite vivir así que por esto estamos tan preocupados”

Figura 20. Fragmento de Ecoprensa de J3 (10 de agosto de 2018).

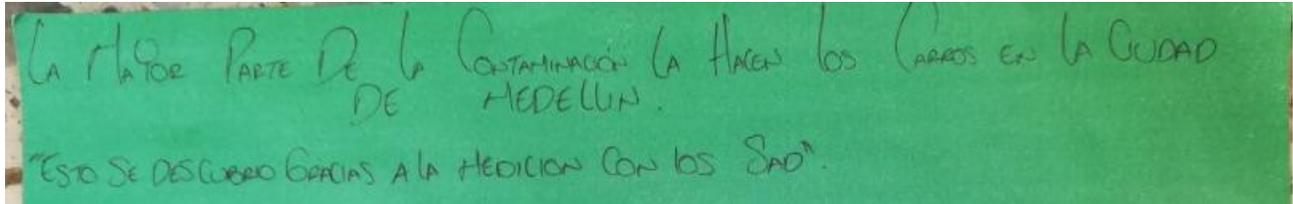


Figura 21. (L1, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018).

Basadas en estas evidencias, podemos inferir que los estudiantes reconocen que la problemática de la calidad del aire los afecta directamente, por lo que concluyen que este fenómeno urge de medidas de acción inmediatas (punto que se desarrollará más adelante en visiones críticas de ambiente), implicadas sobre todo en la mitigación de contaminantes del aire como el MP.

7. 2.2. Valoración del papel de los SAD en la construcción de ASC y habilidades de pensamiento crítico.

Esta subcategoría surgió de manera emergente luego del análisis de la información recolectada, a partir de la cual se pudo inferir que en efecto los SAD son probablemente materiales potencialmente significativos, no solo porque permitió a los estudiantes conocer la incidencia de la contaminación mediante la medición de agentes químicos en un lugar determinado, por medio de la actividad experimental llamada “monitoreo mi aire”, sino porque a la vez permitió que los participantes hicieran uso de procesos cognitivos más complejos como analizar factores que inciden en la contaminación, interpretar datos, relacionar los resultados obtenidos con otras fuentes como las noticias, específicamente en lo referido a las alertas



emitidas por entidades ambientales sobre el estado del aire de una zona para contrastar, cuestionar la información y deducir conclusiones.

De acuerdo con lo planteado en el marco teórico de este trabajo, los SAD posiblemente propician la creatividad en los estudiantes por ser un material educativo que descompacta el conocimiento presentándolo de forma pertinente y relevante frente a los fenómenos que se quieren introducir por parte del maestro, en aras de que los estudiantes pudieran construir una postura crítica de lo que aprenden. Por tanto, los SAD son una opción muy viable ya “que enriquecen las experiencias de enseñanza y aprendizaje, propiciando otras alternativas para que el alumno pueda comprender y relacionar los resultados obtenidos con los conceptos formulados a la fundamentación teórica del experimento” (Haag, 2005, p. 70) ya que a partir de esto los participantes fueron capaces de explicar los fenómenos que suceden a su alrededor, al extraer lo abstracto de la medición como son los números y las fórmulas matemáticas al mundo real en el momento de asociarlo con lo cotidiano.

De ahí, que en el desarrollo de la actividad mencionada se abordó la problemática de la calidad del aire como parte de su mundo real, los factores que la originan y las implicaciones que tiene en la salud humana, sin desconocer las afectaciones que se generan a todos los seres vivos.



Tabla 6. Papel de los SAD. Se recoge de la entrevista

Pregunta	L1	J2	J3	D4
¿Cómo explicarías a alguien que el aire está contaminado y además qué opinión tienes acerca del papel de los SAD en este tipo de problemáticas?	<i>“Diciéndole que hicimos este trabajo y que existe un sensor que ayuda a determinar si el aire está contaminado”</i>	<i>“Yo le contaría que yo misma medí el aire, le explicaría todo lo que ustedes me explicaron sobre el frío, sobre el calor, también le diría que no todas las partes que ella piensa que están contaminadas, están contaminadas, que primero hay que medir”</i>	<i>“Pues yo les diría que hubo pruebas y lo comprobamos que fue con los SAD, les diría que estuvimos en varias partes y que ahí se mostraba que estaba bien o estaba mal o estaba en rojo o verde o en amarillo”.</i>	<i>“Les cuento la experiencia que viví aquí con ustedes, de que medimos el aire, nos explicaron todos los factores del aire que nos contamina, les explico que utilizamos el SAD para medir el aire en que lados estaba más contaminado, porque eso nos ayuda con unos promedios de decirnos que partes estaban más contaminadas, entonces les explicaría como podemos, primero, evitar tanta contaminación porque es lo que necesitamos para no caer en una crisis de que estemos con más contaminación y segundo les explicaría como podemos medir el aire, con qué cosas y cómo podemos saber si está contaminado o no contaminado e aire. Me parece que sí son importantes las SAD, porque yo ya viví la experiencia con ustedes y sí me parece que esta actividad la deban hacer en varias partes, para que todos se den cuenta de cómo estamos, porque si lo hacemos solo nosotros y decimos el aire está contaminado, obviamente no nos van a creer, entonces la idea es que sepan que sí está contaminado pero porque ellos mismos vean las medidas que van a tener haciendo las mediciones, entonces sí, la idea es que la puedan utilizar mucha más gente sería mejor. Es primera vez que yo vivo esta experiencia y me gustó porque vi que sí podemos medir el aire, que todo si era real, que sí está contaminado el aire. En cambio, cuando ustedes llegaron a decirnos que el aire está contaminado, obviamente no les íbamos a creer con la expectativa que nos dieron el miércoles y nos prestaron los aparaticos para ver que sí estaba contaminado”</i>

Como resultado de todo esto se presenta la tabla 6, donde se recoge las explicaciones de los estudiantes frente al aire contaminado y el papel de los SAD en la comprensión de la problemática de la contaminación del aire, luego de la aplicación de la UEPS.

De la tabla 6, se tiene que J2 a partir de la medición, pudo explicar el fenómeno de la contaminación del aire basándose en los resultados obtenidos y desde allí divulgar la experiencia:



Por su parte, D4 presenta la importancia que tiene el uso de los SAD para corroborar y evaluar la información obtenida de otras fuentes por sí mismos, emitir juicios que cuestionen la credibilidad de la información y de quienes la proporcionan, basados en las evidencias recolectadas en tiempo real.

Lo anterior, permite decir en términos de Moreira (1997) que el lenguaje se destaca en el aprendizaje significativo crítico, en la medida que permite o que hace que el participante adquiera sensibilidad para percibir el mundo, con el fin de compartir significados e interactuar socialmente; lo que se nota en lo expresado por D4 al momento de manifestar la importancia de compartir esta experiencia con otros, para que tengan un conocimiento más próximo de la problemática. Además, se pudo señalar el hecho de que los estudiantes emitan juicios y cuestionen la credibilidad de diferentes fuentes de información da cuenta de habilidades de orden superior que pueden promover gradualmente un pensamiento crítico en torno a un asunto específico, en este caso el de la calidad del aire en Medellín.

Sumado a lo expuesto, se encontró que gracias a la medición de los agentes químicos en la actividad experimental, los estudiantes infirieron que muchas veces los lugares que piensan que son los menos contaminados no lo son, por lo que dedujeron, soportando sus acotaciones con los resultados obtenidos con los SAD que es posible saber cuáles eran los lugares óptimos para hacer actividades físicas y prevenir enfermedades y cuáles no; lo que demuestra que están cuestionando aquello que conocían y percibían de la problemática, pues manifestaron no haber obtenido los resultados que pretendían. En relación con esto, D4 hace alusión a la importancia



que tiene conocer que lugares están más contaminados que otros, para realizar ciertas actividades, sin temor a enfermarse (Tabla 6)

De otro lado, en el área que encontraron que la calidad del aire era normal, indicaron que gracias a este resultado, en ese lugar podían hacer ejercicio con toda tranquilidad y la que resultó con incidencia alta, la señalaron como un lugar con alerta roja, como lo expresa J3 en la entrevista (Tabla 6)

En general, las evidencias aportadas por los estudiantes revelan la contribución que hace la medición con estos dispositivos para cuestionar afirmaciones frente al grado de contaminación que tienen determinados lugares según su ubicación, puesto que señalan que la información soportada por mediciones con SAD es mucho más fiable y verídica, y traen a colación la información generada en las noticias, ya que le creerían más a la que está apoyada por una medición que una que no lo esté (Diario de campo de la sesión 4, 10 de agosto de 2018).

Respecto a esto, la participante D4 considera que es importante monitorear más lugares en la ciudad como se muestra en un apartado de su noticia en la figura 22.

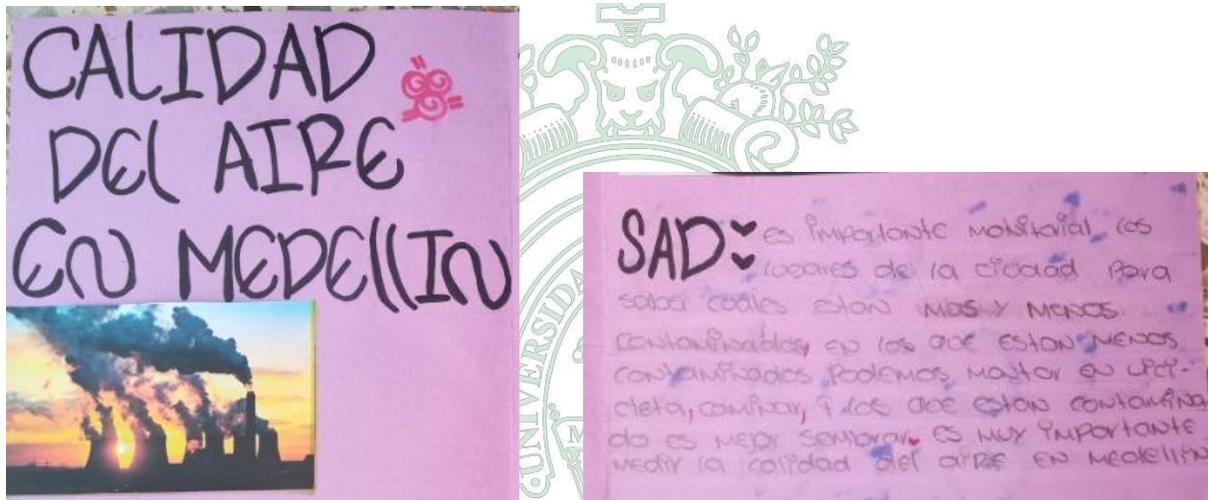


Figura 22. Calidad del aire en Medellín (D4, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)

Sumado a esto, L1 expresa que

“Los sistemas de adquisición de datos ayudan a monitorear el aire y a partir de esto plantear posibles soluciones” (Ecoprensa, 10 de agosto de 2018) y J3 escribe lo siguiente en su noticia Como ya todos sabemos en la ciudad de Medellín se está visualizando y comprobando que hay demasiada contaminación esto como se comprueba con un SAD, es decir SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS que nos ayuda a saber si en el lugar en el que estamos está o no está contaminado, esto funciona con un sistema de datos que nos permite ver si el ambiente está (Ecoprensa, 10 de agosto del 2018)

Por último, se debe agregar que, aunque los resultados obtenidos muestran a los SAD como una herramienta potencialmente significativa, ella en sí misma no logra esto, por lo que es un proceso secuencial que debe implicar otras actividades que sirvan de apoyo para introducir a los



estudiantes en el conocimiento, lo que requiere tiempo y una intencionalidad clara por parte del docente para que haya un aprendizaje significativo y crítico.

7.3. Visiones críticas de ambiente

En el presente apartado se describen brevemente las construcciones que tienen los participantes en torno al ambiente, y de manera simultánea las visiones críticas que se evidenciaron en la fase final de la aplicación de la UEPS.

A lo largo de la historia se han expuesto diferentes concepciones de ambiente que proponen diversas relaciones entre el entorno natural y social, que están en consonancia con múltiples corrientes de pensamiento que plantean maneras específicas de acercarnos a la relación existente entre la educación y el medio ambiente. Respecto a lo expresado, Sauvé (2005) hace referencia a que es complejo tener solo una visión de ambiente, es decir un participante puede articular una o varias corrientes a su lenguaje en algún momento. Se debe considerar que las corrientes de educación ambiental tienen un campo de teorización diferente, pero no son mutuamente excluyentes; por tanto, que la construcción de una visión crítica de ambiente articule una perspectiva sistémica, considerando no solo lo natural sino también lo social como constituyentes del ambiente.

De acuerdo con Rojas (2003), Sauvé (2005) y Morín (2011) en el presente trabajo se identificaron corrientes dominantes como la conservacionista/recursista y la resolutiva, respectivamente referidas a la preservación de los recursos de la naturaleza y al reconocimiento de las problemáticas ambientales y posibles estrategias de mitigación. En la Tabla 7 se presentan las posturas de los estudiantes, aludidas especialmente a la conservación de todos los bienes naturales, y a la propuesta de iniciativas que contribuyen al cuidado del ambiente antes de que



sea demasiado tarde su control, razón por la que se infiere corresponden a estas dos nociones de ambiente.

Así mismo, los participantes hacen alusión a estrategias muy generales, que involucran el reciclaje, el no talar árboles, cuidar el agua, y utilizar medios de transporte alternativos (Diario de campo, 8 de agosto de 2018).

Tabla 7. *Concepciones de ambiente.*

Corrientes de educación ambiental según Sauvé (2005)	L1	J2	J3	D4
Conservacionista/recursista y la resolutiva	<i>“ayudar a plantar árboles, reducir el uso de automóviles, usar medios de transporte diferentes como las bicicletas, patines, etc.”</i> (Entrevista, 10 de agosto de 2018)	<i>“el ambiente somos todos, por lo tanto hay que cuidarlo</i> (Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)	<i>“sembrando más árboles y reciclando muy bien”</i> (Entrevista, 10 de agosto de 2018)	<i>“Tenemos soluciones para evitar la contaminación ambiental, como sembrar porque las plantas nos ayudan a limpiar el aire cuidando los árboles y las plantas, nos ayuda a que podamos inhalar un aire más puro”</i> (Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)

Lo dicho hasta aquí, supone que las concepciones que tienen los participantes son muy limitadas, una de las posibles razones es debido a las perspectivas que tienen los docentes, pues entienden el ambiente de una forma natural dejando de lado otros factores que inciden en él; esta posible razón la señala Valdez (2006) al decir que los estudiantes repiten lo que expresan los docentes, replicando así, la concepción más común que es “ambiente es todo lo que nos rodea” (p. 9).

Actualmente, el deterioro ambiental que influye en las dinámicas del planeta y en la vida de las personas, hace que emerjan visiones de ambiente más propositivas que planteen medidas de



solución en torno a los problemas ambientales actuales, por esta razón se hace necesario que la educación ambiental empiece a jugar un papel importante y trascendental en el equilibrio de los ecosistemas y el desarrollo de la vida social. De acuerdo con lo dicho, Angrino y Bastidas (2014) concluyen que “el ambiente no consiste exclusivamente en el medio que nos rodea y la suma de las especies o las poblaciones biológicas en él contenidas. El ambiente representa, además, una categoría social constituida por comportamientos, valores y saberes” (p. 11).

A causa de esto y luego de la implementación de la UEPS, se propició una concepción de ambiente más sistémica a partir de la problemática de la calidad del aire y la medición con los SAD. Todo lo mencionado permitió a los participantes reflexionar sobre sus comportamientos e identificar los que se podían cambiar. Una muestra de lo expresado es el cuestionamiento de la toma de decisiones que se han tejido en la ciudad para resolver el problema de la contaminación del aire, y el reconocimiento de la insuficiencia de algunas de ellas para solventar dicho problema. En esta lógica, se pudo notar que los participantes ponen de manifiesto las intrínsecas relaciones entre las problemáticas ambientales y el papel de la sociedad, en cuanto al rol del ser humano en el cuidado del ambiente, y su implicación en su constante deterioro, características inherentes al pensamiento sistémico (Sauvé, 2005; Mora, 2015).

De este modo, J2 expresa lo siguiente

1 8 0 3

“Los mismos seres humanos son los responsables del ambiente. Yo diría que más o menos todo, porque aparte de los árboles, las plantas, por ejemplo, el agua, también sería los mismos seres humanos porque nosotros tenemos la responsabilidad de cuidar eso” (Entrevista, 10 de agosto de 2018)



L1 por su lado va más allá de eso, y asocia el deterioro ambiental con la falta de acción de los políticos, en especial, con la ausencia de iniciativas que contribuyan a mitigar el impacto de las problemáticas ambientales, como lo es la contaminación del aire, indicando así que

“Los políticos hacen mucha campaña supuestamente ayudando al medio ambiente, pero cuando empiezan su mandato, lo empiezan a dañar” (Entrevista, 10 de agosto de 2018)

Esta perspectiva propositiva a la que se refieren los estudiantes se puede identificar en la Tabla 8, y es característica de un pensamiento crítico que busca el desarrollo del discurso, el debate, la reflexión, la conciencia, la preocupación, la toma de decisiones, la acción y a la aplicación de medidas ambientales y comportamentales (Disinger y Roth, 1992; Roth, 1992; Wals y van der Leij, 1997; López, 2012), considerando esto, D4 y L1 plantearon estrategias que pueden disminuir los efectos de la contaminación sobre la calidad del aire en Medellín.

Tabla 8: Visiones críticas de ambiente

	L1	J2	J3	D4
Visiones críticas de ambiente	<p>“Bueno yo creo que se necesitan hacer más, como más ciclovías y un poco más de pico y placa para que el ambiente no se vuelva a contaminar. Una campaña de no usar tanto los carros y usemos medios alternativos como bicicletas, las patinetas”. (L1, Entrevista, 10 de agosto de 2018)</p>	<p>“Yo diría que en este colegio utilicemos más de los SAD y también que plantáramos más árboles, plantas sobre todo en la parte de abajo” (Entrevista, 10 de agosto de 2018)</p>	<p>“Está bien que uno no utilice los autos, pero aún siguen funcionando las fábricas, porque las fabricas botan humos y permite que siga contaminado y no están haciendo nada porque la contaminación ya está, entonces hay que disminuir un poco las fábricas y los proyectos que se hacen en las fábricas para que no haya tanta contaminación”</p>	<p>“La propuesta mía sería que evitáramos tener más carros de gasolina y de gas y que tuviéramos un transporte eléctrico, que sería mejor por lo que esos carros no tienen ese químico tan contaminante que los otros. Se evita la contaminación sembrando, porque eso es lo que tenemos que hacer, para evitar que caigamos en una crisis totalmente de contaminación, nosotros causamos la contaminación. Sí evitáramos dañar las plantas, tuviéramos un mejor ambiente, pero como a nosotros no nos importa si está bien o no cuidado el ambiente, entonces obvio nosotros también componemos el ambiente.”</p>



(Entrevista, 10 de agosto de 2018)

En partes que no están utilizando, bueno uno ahí sembrar árboles y más plantas, que son las que nos limpian el aire prácticamente, son las que nos ayudan a tener una respiración más pura, en cambio si en lugar de tener más plantas, vamos a tener más carros, obvio va a estar más contaminado el aire, entonces evitar cosas que nos hagan daño y poner unas medidas más extremas a lo contaminante y evitar tantos químicos” (D4, Entrevista, 10 de agosto de 2018)

Además de estas visiones propositivas sobre el cuidado del ambiente, J2 y J3 hacen alusión a las consecuencias que trae consigo la contaminación del aire para la salud de las personas, expresando lo siguiente

“Por causa de la contaminación hay tantas enfermedades y ya hay muchas personas muertas o afectadas por eso, algunas enfermedades son problemas respiratorios, bronquitis y enfermedades a nivel cerebral” (J2, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)

“Todos los seres humanos nos preocupamos por esta situación de la mala contaminación que nos está afectando en la salud que en la cual ocurre que está en tala de árboles que esto permite que haya menor oxígeno y el oxígeno es lo que nos permite vivir así que por esto estamos tan preocupados” (J3, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)

Lo expuesto permitió confirmar que se promovió en los estudiantes una visión crítica de ambiente, de tal modo, que identificaron respecto al fenómeno de la calidad del aire en Medellín las relaciones, causas, consecuencias y factores implicados; así como las posibles



estrategias de solución, a la vez que emitieron juicios sobre la problemática y su constante agudización en la ciudad con la construcción de explicaciones y comunicación de ideas en la manifestación de una postura crítica frente a las propuestas que se han planteado en pro de su mitigación. Teniendo en cuenta esto, se pudo deducir que hubo un aprendizaje significativo crítico, ya que de acuerdo con Moreira (2005) el constructo que propone un individuo en sociedad con postura crítica frente a la misma que asume actitudes que lo alejan de la pasividad de ser solo espectador en ella.

Estas observaciones se relacionaron también en el trabajo realizado con los SAD (ver tabla 9) en cuanto a la actividad experimental denominada “monitoreo mi aire”, en el sentido de que con ella se fomentó el intercambio de ideas, que no solo es una habilidad dentro del movimiento de pensamiento crítico, sino que es síntoma de la apropiación del lenguaje y como consecuencia, un producto de conocimiento que les permitió a los participantes comunicar y justificar sus puntos de vista de forma argumentada y frente a sus compañeros, de tal forma que se construyera conocimiento a partir de sus opiniones.



Tabla 9. Visiones críticas de ambiente con la ayuda de los SAD

	L1	J2	D4
Visiones críticas de ambiente con ayuda de los SAD	<p>“Entonces nuestros científicos después de varias investigaciones con los SAD (sistemas de adquisición de datos) que nos ayudan a monitorear el aire, se determinó que unas de las posibles soluciones sean: Ayudar a plantar árboles, reducir el uso de automóviles, no tener demasiados automóviles, usar medios de transportes diferentes como las bicicletas, los patines, etc. También en la investigación descubrieron que no es recomendable vivir cerca de autopistas, ni tampoco hacer actividades cerca a esta. De verdad creemos que hay que solucionar esta situación de una manera inmediata” (L1, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)</p>	<p>“Gracias a la medición con los SAD pudimos encontrar que entre las 5: 00 am y las 8:00 am, las 7:00 pm y 11: 00 pm hay más contaminación ya que hay tanto movimiento, actividades y tantos carros” (J2, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)</p>	<p>“Es importante monitorear los lugares de la ciudad para saber cuáles están más y menos contaminados, en los que están menos contaminados podemos montar en bicicleta, caminar, y los que están contaminados es mejor sembrar. Es muy importante medir la calidad del aire en Medellín. Como sabemos estamos en una crisis de contaminación en la ciudad de Medellín, una contaminación que no solo nos afecta a nosotros, sino que también afecta a otros seres vivos. Tenemos soluciones para evitar la contaminación ambiental, como sembrar, porque las plantas nos ayudan a limpiar el aire, cuidando los árboles y plantas nos ayuda a que podamos inhalar un aire más puro, en Medellín deberían cambiar los autobuses de gasolina y gas por transportes eléctricos”. (D4, Ecoprensa, 10 de agosto de 2018)</p>

Conviene subrayar que el participante J3 no dio cuenta de forma explícita como L1, J2 y D4 de la construcción de una visión crítica de ambiente con la ayuda de los SAD; pese a que reconoce la importancia de su utilización, no manifiesta claramente cómo su uso puede influir en el planteamiento de estrategias que puedan disminuir los efectos de la problemática de la calidad del aire en el ambiente, aunque identifica que hay contaminación del aire y que esta es perjudicial para la salud humana.

Otro punto en relación con el uso de los SAD es que permitió el fomento de la corriente científicista, la cual según Sauvé (2005) propone integrar el *modus operandi* del método



científico en la comprensión de los problemas ambientales y en la resolución de los mismos, por lo que es muy importante la observación y la formulación de hipótesis, inferencias y conclusiones, tareas llevadas a cabo con la medición efectuada en la fase 4 de la UEPS.

En síntesis a todo lo expuesto en este apartado, en cuanto a las visiones críticas de ambiente de los estudiantes, resulta conveniente señalar que aunque se evidencia una postura crítica frente a la problemática de la calidad del aire, ello no quiere decir que sea un proceso instantáneo sino gradual, de ahí que sea necesario fortalecer aún más en el ámbito educativo, estrategias de enseñanza que contribuyan paulatinamente al desarrollo de una visión crítica más consolidada en los estudiantes, y por ende a un aprendizaje significativo crítico que los lleve a tener un papel más activo al reflexionar, examinar e identificar los comportamientos que se pueden cambiar y que posteriormente influyan en la toma de decisiones en pro del mejoramiento del ambiente que los rodea y en la participación de la transformación de su realidad circundante.



8. Conclusiones

Respecto a los objetivos propuestos en esta investigación, a continuación se presentan algunas consideraciones finales que en su conjunto dan cuenta de las relaciones encontradas entre ellos en el proceso de análisis, por lo que fue difícil responder a cada uno por separado.

De esta manera, las evidencias demostraron que el papel de los SAD es potencialmente significativo en la construcción de visiones críticas de ambiente, en lo que respecta al principio del lenguaje como apropiación del conocimiento, ya que los estudiantes a partir del trabajo experimental pudieron construir explicaciones, tanto desde este principio como desde las habilidades de pensamiento crítico sobre los fenómenos estudiados, estableciendo relaciones, causas, consecuencias e identificando diversos factores implicados en situaciones cotidianas como el de la contaminación del aire en Medellín. A causa de esto, el proceso de interpretación de los datos obtenidos en la medición con los SAD permitió que los estudiantes emitieran juicios de valor, cuestionaran la veracidad de las fuentes, plantearan hipótesis acerca de posibles causas, propusieran alternativas de solución e intercambiaran puntos de vista reflejando así el trabajo colaborativo. Por todo esto, el ASC, las habilidades propias del pensamiento crítico y el uso de los SAD, están estrechamente relacionados con el posicionamiento crítico de los estudiantes frente a problemáticas de su contexto próximo.



Desde un panorama general hay que agregar además que el aprendizaje significativo crítico, así como el pensamiento crítico deberían ser la finalidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje, en tanto que la educación se adapte a las necesidades sociales, en especial las del contexto, para que los estudiantes puedan participar activamente en la transformación de su realidad. Aunque cabe resaltar que esto no se logra con una sola UEPS o desde una sola área, dado que, el ASC y el pensamiento crítico requieren **compromiso de todos los estamentos: familia, estudiantes, profesores, directivos, medios de comunicación, sociedad en general;** así como de una diversidad de estrategias de enseñanza y políticas educativas que garanticen a las Instituciones Educativas los recursos necesarios para el desarrollo de actividades que lo promuevan.

Por todo lo anterior, es importante anotar también que el pensamiento crítico y el aprendizaje significativo crítico son la base para adquirir visiones críticas de ambiente, en tanto que permiten a los estudiantes ser más reflexivos y proactivos en el planteamiento de medidas de acción que contribuyan a la mitigación del impacto de las problemáticas ambientales, de manera que reconozcan su papel en ellas y en las posibles soluciones, como en el caso de la contaminación del aire en la ciudad de Medellín.



En cuanto a los subsumidores encontrados que fueron principalmente los relacionados a ideas como el aire es lo que respiramos, lo que las plantas nos dan que es el oxígeno y la contaminación se da por presencia de partículas sucias en él, se pudo constatar que si bien la modificación de estos es un proceso complejo que implica la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, el apoyo de los materiales utilizados en las actividades que se plantearon, permitieron que los estudiantes relacionaran estas ideas anclaje más relevantes con estos, dando lugar a un avance importante en la organización de nuevas ideas en su estructura cognitiva, siendo una de ellas el reconocimiento del material particulado como uno de los principales contaminantes del aire, a través de la representación que se hizo sobre el sistema respiratorio.



No obstante, es fundamental resaltar que es complicada la modificación de los subsumidores en torno a los agentes químicos que contaminan el aire en tan corto tiempo de enseñanza, ya que la reconciliación integradora de estos no se logra desde una sola temática. Es necesaria la implementación de diversas estrategias pedagógicas a largo plazo que tengan en cuenta la organización secuencial de las ideas de los estudiantes en su estructura cognitiva, de manera que les permitan un proceso lógico de aprendizaje, así como la disposición y actitud para aprender; por lo que se debe considerar que algo tan abstracto como el lenguaje químico, requiere un fuerte énfasis en la estructuración de los temas de enseñanza y las actividades que se proponen, en la medida en que se particularice aún más el conocimiento que se presenta a los estudiantes, es decir que se explique en detalle cada uno de los agentes químicos que contaminan el aire, con el objeto de generar una progresiva diferenciación entre lo que saben y lo nuevo que están aprendiendo, a la vez que también puedan establecer relaciones.

Por lo expuesto es necesario para que exista una diferenciación progresiva y una reconciliación integradora el uso de materiales potencialmente significativos, que permitan la asimilación de conceptos científicos abstractos como los relacionados a la problemática de la calidad del aire, los agentes químicos implicados, su composición, estructura, entre otros aspectos; así como el uso de representaciones que respondan a objetivos de enseñanza claros que conduzcan a una reestructuración del nuevo conocimiento en el estudiante.



9. Recomendaciones

En el marco de esta investigación fueron desarrollados múltiples aspectos, desde lo pedagógico y didáctico, de allí que se piensen en futuras investigaciones que decidan utilizar herramientas TIC como material potencialmente significativo, desde la teoría del Aprendizaje significativo crítico para el área de las ciencias naturales y la educación ambiental. A partir de esto se realizan las siguientes consideraciones.

- Para que los SAD cumplan con los objetivos planteados en materia de enseñanza y adquieran significado deben articularse con otras actividades dentro de una UEPS. La herramienta por sí sola, sin una intencionalidad clara del docente dentro del fenómeno a estudiar no tendrá en el estudiante una gran influencia en la apropiación del lenguaje como evidencia de que hubo un conocimiento.
- En el uso de los SAD, es importante explorar otros tipos de sensores para medición de magnitudes físicas; en este caso los agentes químicos que causan la contaminación de la ciudad. Porque si bien esto se ejecutó, resultaría más interesante trabajar con una herramienta que permita discriminar y nombrar lo medido.
- En el diseño de una UEPS relacionada con el tema de esta investigación, es importante incluir temas como: nomenclatura de los agentes, condiciones topográficas de la ciudad, composición de la atmósfera, fenómenos asociados a la contaminación del aire como el calentamiento global y la deforestación; para fomentar una diferenciación progresiva de lo general a lo específico.
- La construcción de visiones críticas de ambiente en los estudiantes, analizada desde la argumentación, la reflexión y el uso del lenguaje como apropiación del conocimiento,



requiere un tiempo considerable de aplicación, seguido de un mayor número de actividades en cada una de las fases de la UEPS, es por ello que sugerimos para futuras investigaciones la inclusión de una mayor cantidad de instrumentos que permitan dar evidencia de esas nociones de ambiente que construyen los participantes en el transcurso de su vida académica y social.

- Finalmente, con el objetivo de impulsar futuras líneas de investigación y ampliar el panorama de este trabajo, se considera necesario hacer énfasis en algunos puntos que, de acuerdo a lo encontrado en esta investigación, tanto en el proceso de revisión de literatura como en la metodología planteada y los resultados obtenidos requieren de mayor profundidad. De esta manera, se insiste en la idea de avanzar más en el estudio de la Educación Ambiental y las TIC, con el objeto de consolidar cada vez más el conocimiento teórico en estos campos y no solo el práctico ya que la vinculación entre ambas es poco abordada en el ámbito educativo. Asimismo, es importante visibilizar aún más el papel de las TIC en el planteamiento de posibles estrategias de solución a las problemáticas ambientales locales y globales, así como también ahondar con mayor rigurosidad las relaciones que se pueden plantear entre Educación ambiental- Aprendizaje significativo, Educación ambiental-aprendizaje significativo crítico y Educación Ambiental-pensamiento crítico ya que pese a ser temáticas con gran potencial, se encuentran pocos trabajos al respecto.



10. Referencias bibliográficas:

Abellán, I. (2016). Hopscotch Building: A Model for the Generation of Qualitative Research Designs. *Georgia Educational Research*, 13. Recuperado de <http://hopscotchmodel.com/about-hopscotch/>

Acevedo, J., Bocarejo, J., Velásquez, J., y Tyler, N. (2013). Marco Teórico de contaminación atmosférica en Colombia. University College London – Universidad de los Andes. Recuperado de <https://goo.gl/VqaKb1>

Adler, I., Zion, M., y Mevarech, Z. (2016). The effect of explicit environmentally oriented metacognitive guidance and peer collaboration on students' expressions of environmental literacy. *Environmental Education Research*, 24 (4), 820–855. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.21272>

Afanador, H., y Valbuena, E. (2017). Funciones de las TIC en la enseñanza: una revisión documental. *Revista Bio-Grafía*. Edición extraordinaria, 1149–1156. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/7285>

Alvarado, L., y García, M. (2008). Características más relevantes del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación y enseñanza de las ciencias realizadas en el doctorado de Educación del instituto pedagógico de Caracas. *Sapiens: Revista*



Universitaria de investigación, 9 (2), 187–202. Recuperado de
<http://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=41011837011>

Alvear, O., Calafate, T., Cano, J., Manzoni, P., Hernández, E., y Herrera, J. (2015).

Metodología para la Monitorización de Ozono en Valencia mediante Sensores de gama baja. VI Edición de las Jornadas de Computación Empotrada, JCE. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <http://www.disca.upv.es/enheror/pdf/2015-Sarteco-JCE.pdf>

Angrino, C., y Bastidas, J. (2014). *El concepto de ambiente y su influencia en la educación ambiental: estudio de caso en dos instituciones educativas del municipio de Jamundí*. (tesis de pregrado), Universidad del Valle. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7176/1/3467-0430877.pdf>

Aránguez, E., Ordóñez, J., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández, R., Gandarillas, A. y Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española Salud Pública*, 73(2), 123–132. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200003

Arnal, J., Del Rincón, D., y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa, fundamentos y metodología*. Recuperado de <file:///C:/Users/Hogar/Downloads/1992%20Libro%20investigacion%20educativa.%20Fu>



ndamentaci% C3% B3n% 20y% 20Metodolog% C3% ADa,% 20Justo% 20Arnal% 20y% 20otr
os.pdf

Atlantic Consulting. (2009). *El Carbono Negro y el Calentamiento Global: Impacto de los
Combustibles Comunes*. Gattikon, Suiza. Recuperado de [http://www.aida-
americas.org/sites/default/files/refDocuments/AIDA_Carbono%20Negro%20FINAL.p
df](http://www.aida-americas.org/sites/default/files/refDocuments/AIDA_Carbono%20Negro%20FINAL.pdf)

Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Mexico: Trillas.
Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/1964-10399-000>

Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista
cognoscitivo*. México: Trillas. Recuperado de [https://edoc.site/ausubel-d-novak-j-y-
hanesian-h-1983-psicologia-educativa-un-punto-de-vista-cognoscitivo-mexico-trillas-
tipos-de-aprendizajepdf-pdf-free.html](https://edoc.site/ausubel-d-novak-j-y-hanesian-h-1983-psicologia-educativa-un-punto-de-vista-cognoscitivo-mexico-trillas-tipos-de-aprendizajepdf-pdf-free.html)

Bachelard, G. (1948). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires: Argos. Recuperado
de [http://www.posgrado.unam.mx/musica/lecturas/LecturaIntroduccionInvestigacionMusical/epistemologia/Bachelard%20Gaston-La-formacion-del-espiritu científico.pdf](http://www.posgrado.unam.mx/musica/lecturas/LecturaIntroduccionInvestigacionMusical/epistemologia/Bachelard%20Gaston-La-formacion-del-espiritu%20cientifico.pdf)

Badillo, M. (2011). Estrategia de comunicación y educación mediada por TIC para el fomento
del desarrollo sostenible en cinco colegios de Palmira. *Entramado Revista*. 7(1), 128–



145. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032011000100009&script=sci_abstract

Barco, P. (2013). *Apropiación permanente del lenguaje químico mediante su relación con la cotidianidad como estrategia para el correcto aprendizaje de la función química en la Institución Educativa Madre María Mazzarello*. (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/11610/1/16231648.2014.pdf>

Bautista., N. (2011). *Proceso de la Investigación Cualitativa. Epistemología, metodología y aplicaciones*. Bogotá, Colombia: Editorial Manual Moderno. Recuperado de http://dungun.ufro.cl/~mageduc/docs/rie_2013vol2.pdf

Bertely, M. (2001). La etnografía en la formación de enseñantes. *Teorías educativas*, 13. 137-160. Recuperado de <http://revistas.usal.es/index.php/1130-3743/article/view/2928/2964>

Bonilla, E., y Rodríguez., P. (2005). *Más allá del dilema de los métodos. La investigación en ciencias sociales*. Bogotá, Colombia: Norma. Recuperado de <http://cort.as/-AFOX>

1 8 0 3

Brandao, E., Frenedozo, R., y Sávio, M. (2015). El software Hagáqué (HQ) como una herramienta en la enseñanza y aprendizaje de la Educación Ambiental. *Revista Biografía*. (Extra), 1263–1274. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/viewFile/3555/3147>



Cabero, J., y Llorente, M. (2005). Las TIC y la Educación Ambiental. *Revista latinoamericana de Tecnología Educativa*. 4(2), 9–26. Recuperado de <https://relatec.unex.es/article/download/197/185>

Campoy, T., Gomes, E. (2009). Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos. *Editorial EOS*. Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación, 273–300. Recuperado de http://www2.unifap.br/gtea/wp-content/uploads/2011/10/T_cnicas-e-instrumentos-cualitativos-de-recogida-de-datos1.pdf

Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Virtualidad educación y ciencia*. 2(2). 79–88. Recuperado de: <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/335/334>

Cardona, M., y López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4). 4404-1–4404-11. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n4/1806-1117-rbef-39-04-e4404.pdf>



Carranco, J. Salgado, F. (2017). *Sistema de monitoreo de calidad del aire y ruido ambiental para la determinación de índices de contaminación basado en redes inalámbricas de sensores*. (tesis de pregrado). Universidad del Uzuay, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6917/1/12872.pdf>

Castillo, O., Menco, E., y Zambrano, M. (2015). *Conservación del medio ambiente a través del uso adecuado de las TICS con los estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa San José de Palmaritico del municipio de Guaranda – Sucre*. Fundación Universitaria Los Libertadores. (tesis de pregrado), Sucre, Colombia. Recuperado de https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/558/CastilloHuertasOide_nAlonso.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Charrier, M., y Rognone, M. (2013). Elaboración e implementación de un seminario de didáctica de la Biología y su integración con las TIC. *Revista Bio-Grafía*. (Extra), pp. 895–902. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/viewFile/2489/2320>

Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14 (1), 61–71. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/299/29900107/>



Corbetta, S., Sessano, P., y Krasnanski. M. (2012). Educación ambiental (EA), formación docente y TICS, el desafío complejo de una triple articulación. Buenos Aires, Argentina. *Revista cs educación*. (7), 267–290. Recuperado de: <https://www.revistacseducacion.unr.edu.ar/ojs/index/php/educacion/article/view/17>

Creswell, J. (1994). *Diseño de investigación. Aproximaciones cualitativas y cuantitativas*. California: Sage. Recuperado de <http://www.catedras.fsoc.uba.ar/ginfestad/biblio/1.2.%20Creswell.%20A%20qualit....pdf>

Daniels, F., Martínez, E., Quinchía, R., Morales, O., Romero, A., Marín, A., y Arbeláez, M. (2007). *Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud de la población y su área metropolitana*. Medellín. Colombia. Recuperado de <https://goo.gl/fv3K8z>

De la Rosa, L. (2011). *Problemáticas y Alternativas en la Enseñanza de la Química en la Educación Media en la Isla de San Andrés, Colombia*. (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/4943/1/LuisRam%C3%B3ndelaRosaRodr%C3%ADguez.2011.pdf>

Disinger, J., y Roth, C. (1992). Environmental literacy. Columbus, ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED351201.pdf>



Echarri, F., y Puigi, J. (2008). Educación ambiental y aprendizaje significativo. *Seguridad y medio ambiente*, 1(112). 28–47. Recuperado de [http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n112/docs/Archivo%20PDF%20\(950%20Kb\).pdf](http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n112/docs/Archivo%20PDF%20(950%20Kb).pdf)

Ek, L. (2012). Talking air pollutants for long-lasting climate benefits. *Development Co-Operation Report*, II, 89–97. Recuperado de: <https://goo.gl/W45f1b>

Ennis, R. (2011). Critical Thinking: Reflection and Perspective—Part II. *Inquiry: critical thinking across the disciplines*, 26(2). 5–19. Recuperado de https://www.pdnet.org/inquiryct/content/inquiryct_2011_0026_0002_0005_0019

Escalona, L., Manganiello, L., López, M., y Vega, C. (2012). Los sensores químicos y su utilidad en el control de gases contaminantes. *Revista Ingeniería UC*, 19(1). 74–88. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732261010> ISSN 1316-6832

Facione, P. (1990). Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction. Research Findings and Recommendations. *Reports - Research/Technical*, pp. 1–112. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED315423.pdf>



Flores, A., Gavilán, J., Obrero, M., y Pontes, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(2), 251–267. Recuperado de <http://helyvia.uco.es/xmlui/handle/10396/7693>

Fundación MAPFRE. (2013). *Salud y sostenibilidad: efectos de la calidad del aire urbano*. Madrid, España. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280547135_Salud_y_Sostenibilidad_Efectos_de_la_Calidad_del_Aire_Urbano

Galindo, L. (2015). La educación ambiental en la virtualidad: un acercamiento al estado del arte. *Revista iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*. 5(10), 1–38. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4981/498150318018.pdf>

García, J. (2003). *Didáctica de las ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Editorial Magisterio.

Guba, E., y Lincoln, Y. (1994). *Paradigmas en pugna en la investigación cualitativa*. London: Sage. Recuperado de file:///C:/Users/Hogar/Downloads/Guba%20&%20Lincoln_%20Paradigma%20en%20pugna.pdf



Guruceaga, A., y González, F. (2004). Aprendizaje significativo y educación ambiental:

análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 22(1), 115–136.

Recuperado de <https://goo.gl/5vDNYj>

Haag, R., Solano, I., & Veit, E. (2005). por que e como introducir a aquisição automática de

dados no laboratorio didáctico de física?. *Física na Escola*, 6(1), 69–74. Recuperado

de

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/116432/000534649.pdf?sequence=1>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México,

D.F: McGraw-Hill/interamericana editores, S.A. de C.V. Recuperado de

https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México.

D.F. McGraw-Hill, S.A. Recuperado de

https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Hidalgo, D., Gómez, M., Sastre, E., Sanz, J., y Bécares, J. (2012). Red de sensores de calidad

del aire para una gestión sostenible del tráfico. *Ingeniería y Tecnología del Medio*



Hoyos, C. (2000). Un modelo para investigación documental. *Guía teóricopráctica sobre construcción de Estados del Arte*. Medellín, Colombia: Señal Editora. Recuperado de <https://www.scribd.com/doc/16281901/UN-MODELO-PARA-INVESTIGACION-DOCUMENTAL-29-04-08>
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1900-38032011000100009&lng=es&nrm=iso

Hungerford, H., y Peyton, R. (1992). Como construir um programa de educação ambiental. Documento de trabalho para os seminários de formação sobre Educação Ambiental organizados pela UNESCO. Programa Internacional de Educación Ambiental UNESCO-PNUMA. *Com Scientia, Curitiba*, 3(3), 2–39. Recuperado de <http://www.comscientia-nimad.ufpr.br/artigos/comoconstruir.hungerford.pdf>

ICBF y MMA, (5 de junio de 1995). DECRETO 948 DE 1995. Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado de http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_0948_1995.htm

1 8 0 3

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2012). *Informe del Estado de la Calidad del Aire 2007-2010*. Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado de



[http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIRE
WEB.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIREWEB.pdf)

Institución Educativa Pbro. Antonio José Bernal Londoño S.J. (2010). Horizonte Institucional.

Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://wwwieantoniojblsj.blogspot.com.co/>

Jiménez, V., y Comet, C. (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico.

ACADEMO, 3(2), 1-11. Recuperado de [file:///C:/Users/Hogar/Downloads/Dialnet-
LosEstudiosDeCasosComoEnfoqueMetodologico-5757749%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Hogar/Downloads/Dialnet-LosEstudiosDeCasosComoEnfoqueMetodologico-5757749%20(2).pdf)

Johnstone, A. (2010). You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87(1),

22–29. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed800026d>

Jorrín, I. (2016). Hopscotch Building: A Model for the Generation of Qualitative Research

Designs. *Georgia Educational Researcher*, 13(1), 1–24. Recuperado de

[https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1088&context=
t=gerjournal](https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1088&context=gerjournal)

Kenski, V. (2001). Em direção a uma ação docente mediada pelas tecnologias digitais. *Revista*

Tecnologias Educacionais e Educação a Distância: Avaliando Políticas e Práticas.

Rio de Janeiro: Quartet, 74–84.



Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions*. . Chicago: Chicago University.

Recuperado de
https://proyectointegracjia.pravo.hr/_download/repository/Kuhn_Structure_of_Scientific_Revolutions.pdf

Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental la reapropiación social de la naturaleza*. Siglo XXI editores, S. a. de c. v. Recuperado de <file:///C:/Users/Hogar/Downloads/racionalidad-ambiental-enrique-leff.pdf>

Lin, S. (2014). Science and non-science undergraduate students' critical thinking and argumentation performance in reading a science news report. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12 (5), 1023–1046. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-013-9451-7>

Londoño, O., Maldonado, L., y Calderón, L. (2014). *Guías para construir estados del arte*. Colombia aprende. Bogotá, Colombia. Recuperado de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-322806_recurso_1.pdf

López, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, (22), 41–60. Recuperado de http://www.educacion.to.uclm.es/pdf/revistaDI/3_22_2012.pdf



López, S. (2012). *La modelación computacional con diagrama AVM y su contribución para el aprendizaje significativo de conceptos físicos y el desarrollo de una visión crítica sobre la ciencia y la modelación científica*. (tesis doctoral). Universidad de Burgos, Burgos, España. Recuperado de <http://riubu.ubu.es/handle/10259/177>

Marcolla, V. (2006). Las tecnologías de comunicación (TIC) en los ambientes de formación docente, *Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, (27), 163–169. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2089305>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución No 2254. Norma de calidad del aire ambiente*. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.ambientalia.com.co/normas/RESOLUCIO%CC%81N%202254%20DE%202017%20MADS%20ADOPTA%20NORMA%20CALIDAD%20DEL%20AIRE.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Contaminación atmosférica*. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-del-aire/contaminacion-atmosferica>

Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje (DBA) para Ciencias Naturales*. Bogotá, Colombia. Recuperado de



http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf

Mora, W. (2015). *La educación ambiental y la formación de educadores ambientales: algunos desafíos actuales*. Universidade federal do rio grande. Recuperado de file:///C:/Users/Hogar/Downloads/PonenciaWMora-EDEA2015Brasil.pdf

Moreira, M. (1997). El aprendizaje significativo: Un concepto subyacente. *Actas el II Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*. Universidad de Burgos. 19–44. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubesp.pdf>

Moreira, M. (2005). Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning). *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, (6), 83–101. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/771/77100606/>

Moreira, M. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas—UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43–63. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSesp.pdf>

Moreira, M. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo?. *Qurrriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa. La Laguna, Espanha*. (25), 29–56. Recuperado de: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>



Moreira, M., y Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301–315. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5274157>

Morín, E. (2000). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Editorial GEDISA. Recuperado de <file:///C:/Users/Hogar/Downloads/Introduccionalpensamientocomplejo-Morin1990.pdf>

Morín, E. (2011). *La vía para el futuro de la humanidad*. PAIDÓS Estado y sociedad. Recuperado de https://www.uv.mx/veracruz/cosustentaver/files/2015/09/20.la_via_para_el_futuro_de_la_humanidad.pdf

Nolla, S., Olivera, R., y Lara, S. (2013) *Monitoreo de calidad de aguas y educación ambiental no formal, en el entorno del CERP norte*. Centro Regional de Profesores Del Norte. Departamentos Biología y Química. Recuperado de <https://goo.gl/BjWpPA>

Ojeda, B., Gutierrez, J., y Perales, F. (2011). TIC y sostenibilidad: obstáculos y posibilidades para los educadores ambientales. *Revista de Curriculum y Formación de Profesorado*. 15(1). 263–313. recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Jose_Gutierrez-



Perez/publication/277095608_TIC_y_Sostenibilidad_Obstaculos_y_posibilidades_para_los_educadores_ambientales/links/55e7165108ae21d099c140b2.pdf

Oliveira, A., Akerson, V., y Oldfield, M. (2012). Environmental argumentation as sociocultural activity. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(6), 66–98. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/tea.21020>

Organización Mundial de la Salud. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Recuperado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. Recuperado de <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1>

Orjuela, D., Osorio, J., y Parra, M. (2016). *Las TIC como herramienta en la enseñanza del cuidado del medio ambiente, en los estudiantes del grado quinto de primaria pertenecientes al colegio femenino Lorencita Villegas de Santos. I.E.D.* (tesis de maestría). Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia. Recuperado de



<http://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/871/ParraAceroMarthaPatricia.pdf?sequence=2>

Ortiz, J. (2000). Paradigmas de la investigación. *UNAdocumenta*, 14 (1), 42-48. Recuperado de <http://postgrado.una.edu.ve/filosofia/paginas/ortizunadoc.pdf>

Pachón., R. (2014). *Análisis de la incidencia de los proyectos educativos ambientales, en la institución educativa san victor, período 2008–2013, desde la perspectiva socio-ambiental*. (tesis de maestría). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.

Recuperado de

http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1709/1/Gonzalez_Pachon_Ricardo_2014.pdf

Paredes, J., y Arruda, R. (2012). The motivational use of ICT in Environmental Education teachers' training. *Ciência & Educação (Bauru)*, 18(2), 353–368. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251022808008>

Pin Tene, J. (2015). *Simulación de sensores atmosféricos mediante la plataforma de Labview sobre el comportamiento de contaminantes gaseosos en el sector noroeste de la ciudad de Guayaquil*. (tesis de pregrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6984>



Poggi, M. (2006). Prólogo. En G. Acosta (Dir.), *Las TIC: del aula a la agenda política* (15–

143). Buenos Aires, Argentina: UNICEF Argentina. Recuperado de

<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001824/182434s.pdf>

Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka Sobre*

Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias, 2(1), 2–18. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/html/920/92020102/>

Porto, T. (2006). As tecnologias de comunicação e informação na escola; relações possíveis...

relações construídas. *Revista Brasileira de Educação*, 11(31), 43–197. Recuperado de

<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v11n31/a05v11n31.pdf>

Postman, N., y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. Recuperado de

<http://kairosschool.co.za/wp-content/uploads/2011/02/Teaching-as-a-Subversive-Activity.pdf>

Ramos, C. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Av.psicol.* 23(1). Recuperado

de http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf



Rodríguez, M. (2005). La cuestión ambiental desde una visión sistémica. *Revista ideas ambientales*, 2, 1-35. Recuperado de

file:///C:/Users/Hogar/Downloads/LA_CUESTION_AMBIENTAL_DESDE_UNA_VISION_S.pdf

Romero, M., Diego, F., y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 1-14.

Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/hie08206.pdf

Roquet, G. (2008). *Glosario de educación a distancia*. México. D.F: CUAED-UNAM.

Recuperado de <http://www2.uned.es/catedraunesco-ead/varios/Glosario.pdf>

Roth, C. E. (1992). *Environmental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s*.

Columbus, Ohio. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED348235.pdf>

Sauvé, L. (2005). Una cartografía de Corrientes en educación ambiental. Montreal: Université du Québec. Recuperado de

<http://www.sostenibilitatbcn.cat/attachments/article/870/Lucie%20Sauv%C3%A9.pdf>



Simons, H. (2011). *El estudio de caso: teoría y práctica*. Madrid: Ediciones Morata

Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, España: Ediciones Morata.

Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Investigacion-con-estudios-de-caso.pdf>

Sousa Santos, B. (2010). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Ediciones Trilce.

Recuperado de http://www.boaventuradesousasantos.pt/media/Descolonizar%20el%20saber_final%20-%20C3%B3pia.pdf

Suarez, L. (2010). Incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales "descripción de una experiencia. *Revista Bio-Grafía* (Extra), 12–20.

Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/biografia/article/viewFile/1524/1471>

Suntaxi, J. (2015). *Diseño y construcción de un prototipo portátil de monitoreo ambiental, mediante un sistema autónomo de adquisición de datos portátil con comunicación USB hacia un PC* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Recuperado de <https://docplayer.es/63826424-Escuela-politecnica-nacional.html>



Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio – específico en la didáctica de las ciencias.

TED. (36), 25–46. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n36/n36a03.pdf>

Tamayo, O., Zona, R., y Loaiza, Y. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas

categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios*

Educativos, 11(2), 111–133. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/html/1341/134146842006/>

Taylor, S., y Bogdan., R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica. S.A.

Recuperado de <https://eugeniewagner.files.wordpress.com/2012/08/taylor-bogdan-intr-met-cuali-1.pdf>

Toro, V., y Marín, A. (2006). Índice de Calidad del aire para el Valle de Aburrá. *Producción Más Limpia*, 1(1), 102–107. Recuperado de

http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/Vol1n1/PL_V1_N1_102_ICA.pdf

1 8 0 3

UNESCO. (1997). *La Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE)*.

Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001470/147002s.pdf>



United States Environmental Protection Agency (EPA). (2018). Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM). *United States Environmental Protection Agency*. Recuperado de: <https://goo.gl/j2SVwC>

Valdez, R. (2006). *Conceptos y Prácticas Relacionadas con el Ambiente, de Profesores de Secundaria, de la Región Sureste de Coahuila* (tesis de maestría). Universidad de Guadalajara, México. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Valdez_Ramos_Rosa_Elvira.pdf

Vidal, M. (2006). Investigación de las TIC en la educación. *Revista latinoamericana de tecnología educativa*, 5(2), 539–552. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2229253.pdf>

Wals, A., y van der Leij, T. (1997). Alternatives to national standards for environmental education: Process-based quality assessment. *Canadian Journal of Environmental Education*, 2(1), 7–27. Recuperado de <https://cjee.lakeheadu.ca/article/view/353/324>

Yepes, A., y Silveira, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (revisión). *Colombia Forestal*, 14(2), 213–232. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423939616005>



Yin, R. (1994). *Investigación sobre estudio de casos. Diseño y métodos*. Thousand Oaks: Sage publications. Recuperado de <http://panel.inkuba.com/sites/2/archivos/YIN%20ROBERT%20.pdf>

Zabala, J., y Villalobos, K. (2010). Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación ambiental: una perspectiva societal. *Telos*, 12(2), 175–185. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/993/99315569004/>

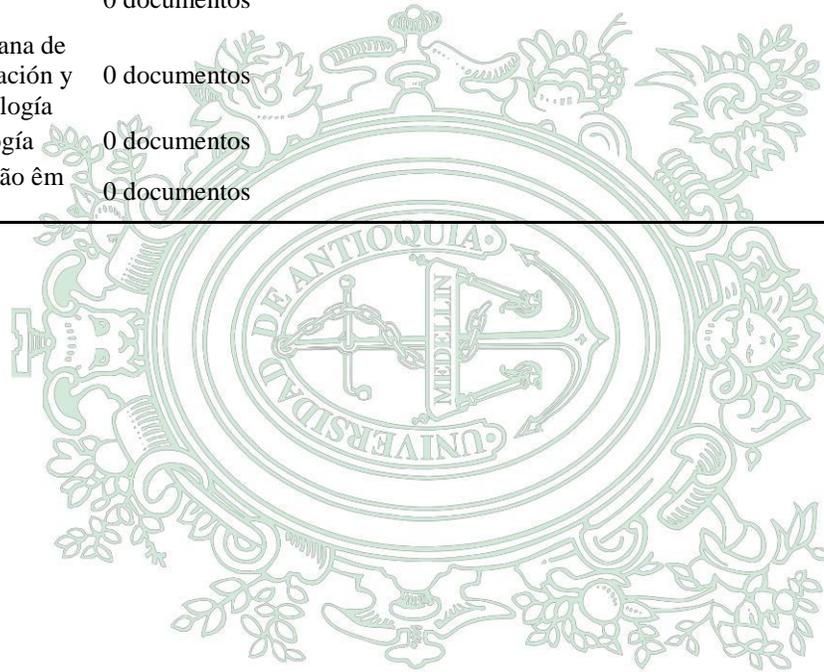
Zoe, D., y Cundill., G. (2015). Establishing enabling conditions to develop critical thinking skills: a case of innovative curriculum design in Environmental Science. *Environmental Education Research*, 23(7), 950–971. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504622.2015.1072>

11. Anexos

Anexo 1: Tabla de síntesis de revisión de literatura

REVISTA	NÚMERO DE DOCUMENTOS	AUTORES	NOMBRE DEL DOCUMENTO	CIUDAD Y PAÍS
Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad	0 documentos			
The Journal of Research in Scieince Teaching	1 documentos	Oliveira, A. Akerson, V. y Oldfield, M.	Environmental argumentation as sociocultural activity	Estados Unidos
Revista Bio - grafía	4 documentos	Suarez, L.	Incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales "descripción de una experiencia"	Bogotá - Colombia
		Charrier, M. y Rognone, M.	Elaboración e implementación de un seminario de didáctica de la Biología y su integración con las TIC	Argentina
		Brandao, E., Frenedoza, R. y Sávio, M.	El software Hagáquê (HQ) como una herramienta en la enseñanza y aprendizaje de la Educación Ambiental	Sao Pablo - Brasil
		Afanador, H. y Valbuena, E.	Funciones de las TIC en la enseñanza: una revisión documental	Bogotá - Colombia
Revista Ciencia y Educação	1 documento	Paredes, J. y Arruda, R.	La motivación del uso de las TIC en la formación del profesorado en Educación Ambiental	Madrid - España y Rio Grande - Brasil
Environmental Education Research	1 documento	Adler, I. Zion, M. y Mevarech, Z.	The effect of explicit environmentally oriented metacognitive guidance and peer collaboration on students' expressions of environmental literacy	Israel
Sapiens: Revista Universitaria de Investigación	2 documento	Alvarado, L. y García, M.	Características más relevantes del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación y enseñanza de las ciencias realizadas en el doctorado de Educación del instituto pedagógico de Caracas	Caracas - Venezuela

		Zoe, D. y Cundill, G.	Establishing enabling conditions to develop critical thinking skills: a case of innovative curriculum design in Environmental Science.	Sudáfrica
Revista de Enseñanza de las Ciencias	0 documentos			
Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología	0 documentos			
Enseñanza y Pedagogía	0 documentos			
Pesquisa em Educação em Ciências	0 documentos			



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo 2: Lista de revisión de antecedentes investigativos

LISTA DE REVISIÓN DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

CRITERIOS	INDICADORES CUANTITATIVOS	INDICADORES CUALITATIVOS	OBSERVACIONES ADICIONALES
Documentos a los que se accedió	Número Propuestas de enseñanza para la Educación Ambiental mediante el uso de las TIC (17 unidades de análisis); Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y agentes contaminantes del aire (15 unidades de análisis); Educación ambiental y aprendizaje significativo (11 unidades de análisis). Para un total de 43 unidades de análisis.	Tipología y calidad Artículos, tesis de grado, memorias de congresos	Se realizó una revisión manual que incluyó alrededor de 20 unidades de análisis encontradas en 10 revistas.
Ventana temporal	Número de años 2008 - 2017	Suficiencia/actualidad/justificación El rango temporal consta de 10 años, por lo que vemos la necesidad de ampliar los términos utilizados en esta búsqueda porque si bien, los SAD y la TASC son conceptos determinantes para nuestra investigación, su origen es más amplio temporalmente, por lo tanto, se tuvo que ampliar la búsqueda a años anteriores y analizar con términos como: SAD y TAS; TIC y TASC; EA y TASC; TIC y EA; SAD y agentes contaminantes; SAD y calidad del aire.	Se tienen documentos de años anteriores, puesto que se consideran importantes para complementar los núcleos temáticos.
Países	Venezuela, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Brasil, España, Perú, México y Sudáfrica	Características/barrido nacional-internacional Barrido nacional e internacional. Sin embargo, los países que más hablan de SAD en relación con la calidad del aire son: Ecuador y Brasil.	

Idioma	Español, portugués e inglés	Criterios de selección	El mayor número de artículos que se tuvieron en cuenta son en español
Tesauros	<p>Calidad del aire, contaminación del aire, estado del aire, monitoreo del aire, agentes químicos del aire, agentes contaminantes del aire, contaminantes criterio, gases contaminantes, problemáticas ambientales, sensores, SAD, TIC, visión crítica, TIC en la enseñanza de la Biología, TIC en educación ambiental, TIC y educación ambiental, TIC en la enseñanza de la educación ambiental, TIC en química, TIC en la enseñanza de la química, TIC en física, TIC en la enseñanza de la física, TIC en la enseñanza de las ciencias, Sensores y problemáticas ambientales, sensores y contaminación del aire, educación ambiental y aprendizaje significativo, educación ambiental y aprendizaje significativo crítico, TIC y calidad del aire, educación ambiental y calidad del aire. TIC y aprendizaje significativo, TIC y aprendizaje significativo crítico.</p>	<p>Los países y revistas seleccionadas fueron escogidos por sus trabajos de investigación en didáctica de las Ciencias y en TIC</p>	<p>Las diferentes combinaciones que se utilizaron en esta búsqueda no proporcionaron mayores frutos, debido al poco uso que se le ha dado a la implementación de sensores y Sistemas de Adquisición de Datos en la enseñanza de las ciencias y de la Educación Ambiental, por lo que las diferentes combinaciones son tan diversas.</p>
Bases de datos consultadas	Dialnet, Redalyc, Ebsco, Google academico, OPAC UDEA, SciELO	Característica	<p>Esta búsqueda se complementó con revisión manual de las siguientes revistas: Ciência e Educação, Revista Biografía, Journal of Research in Science Teaching, Enseñanza y Pedagogía, Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología,</p>
		<p>Palabras clave de la investigación, sinónimos coherentes, correspondencia con los ejes temáticos seleccionados, palabras que permitan establecer vínculos y puntos de encuentro entre los autores seleccionados en función de un asunto puntual.</p>	
		Tipología/características/suficiencia	



Criterios de
inclusión-
exclusión

Temáticas
centrales

Fecha de publicación, pertinencia con el
trabajo, idioma, fiabilidad, calidad

Agentes contaminantes del aire, calidad del
aire, Sistemas de adquisición de datos,
educación ambiental, aprendizaje
significativo crítico

suficiencia/exhaustividad

Si el trabajo se centrara en un estado del arte, esta
búsqueda sería aceptable y haría falta una revisión
más rigurosa en el número de unidades de análisis.
Sin embargo, pensamos que para los objetivos de
nuestra investigación es una revisión adecuada,
hasta el momento.

Conectividad/suficiencia

Revista de Enseñanza de las
Ciencias y Revista
Iberoamericana de Ciencia,
Tecnología y Sociedad.

No se tuvo en cuenta
antecedentes en los cuales
se usarán herramientas de
las TIC diferentes a
sensores y sistemas de
adquisición de datos

Dado que vamos a trabajar
desde la teoría de
aprendizaje significativo
crítico de Moreira, en la
revisión de literatura se
encontraron trabajos sobre
aprendizaje significativo en
el área de la educación
ambiental a las cuales
hacemos referencia.

Número de fases/etapas	Descripción del proceso/establecimiento de categorías
Propuestas de enseñanza para la educación ambiental mediante el uso de las TIC, Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) y agentes contaminantes, Educación ambiental y aprendizaje significativo	<p data-bbox="892 342 1499 431">Si es suficiente el número de temas centrales para no desvirtuar la pregunta de investigación y no confundir al lector con la cantidad de temas que se quieren tratar.</p> <p data-bbox="892 716 1541 1105">Lo primero que se hizo fue seleccionar las categorías que consideramos pertinentes para la investigación, entre varias opciones y consultamos con las asesoras la conveniencia de estas para el trabajo. Luego de esto, se comenzó la búsqueda en las bases de datos que ofrece la universidad, referenciadas con anterioridad y luego de esto se definió las palabras clave por categoría de análisis y se utilizó los diferentes tesauros para ampliar la búsqueda. posterior a esto se hizo la lectura de los documentos encontrados y se distribuyó en las categorías seleccionadas con anterioridad. Luego de esto, se analizó los puntos de convergencia que se fueron evidenciando en la lectura y en la discusión grupal para luego hacer el ejercicio de escritura.</p> <p data-bbox="1556 776 1856 1044">Durante el periodo de vacaciones y atendiendo algunas recomendaciones de las profesoras asesoras, ampliamos la búsqueda en otros idiomas y se encontró otros artículos que deben ser anexados al escrito dentro del trabajo inicial.</p>

5.0 Valoración numérica

Justificación

Calidad del
texto/escrito

Pensamos que la selección de las diferentes categorías ha sido acertada, puesto que recoge los temas centrales que los diferentes autores han trabajado en este asunto. También se piensa que la coherencia en la redacción permite evidenciar un buen ejercicio narrativo. Es acertado los puntos de encuentro y desacuerdo entre las posturas que ofrecen los autores de los diferentes núcleos temáticos y por último la valoración dada por las asesoras en ocasiones anteriores.

Hace falta anexar gráficos o cuadros que permitan recoger las unidades de análisis de una forma más resumida y menos tediosa para quienes lean este apartado del trabajo

1. ¿A qué conclusiones fue posible llegar gracias a la revisión de los antecedentes?

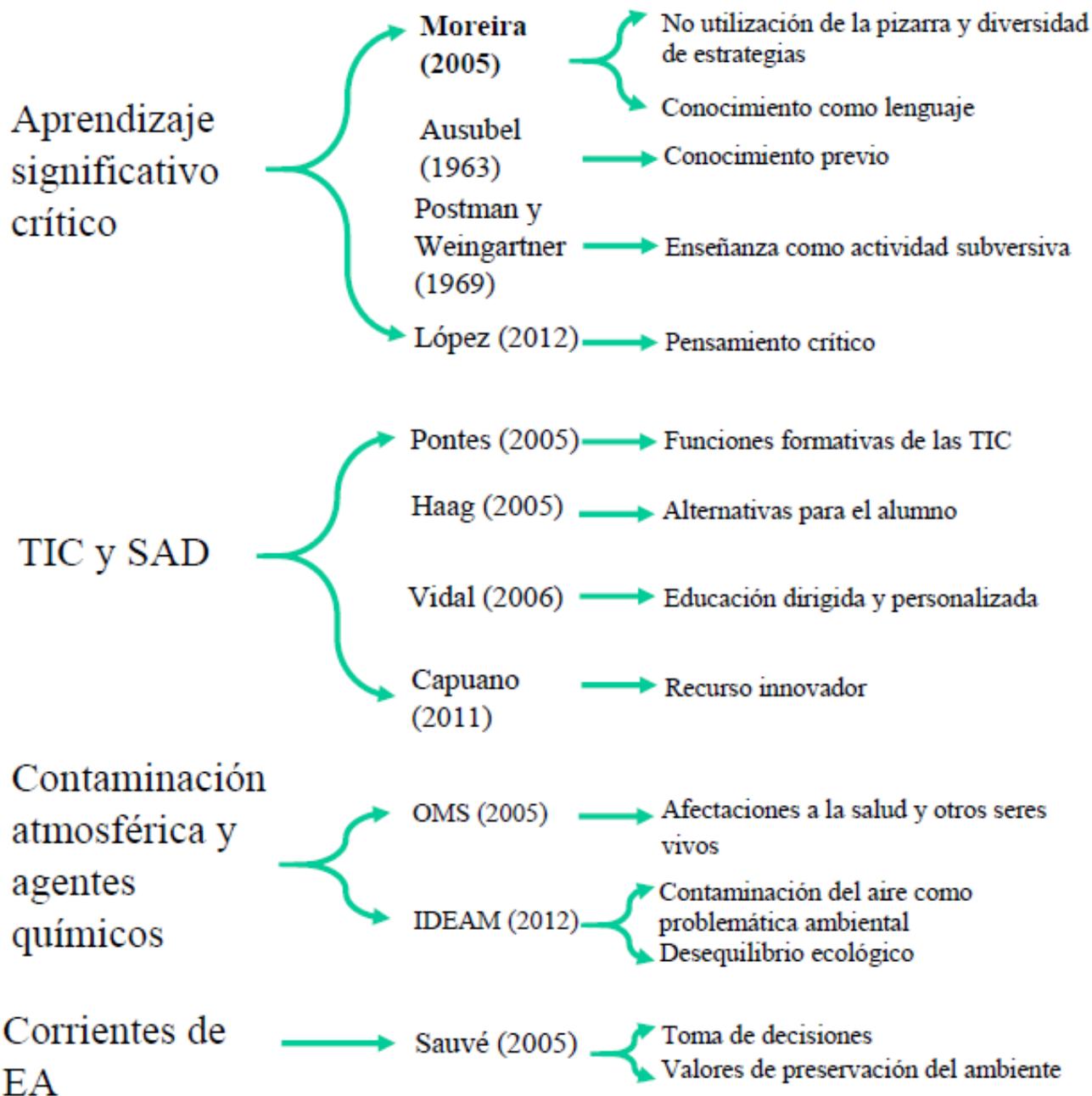
1. La educación ambiental y las problemáticas ambientales no son trabajadas desde el aprendizaje significativo crítico. **2.** El monitoreo de agentes contaminantes no son usadas como herramientas de trabajo en la educación ambiental y se queda solo como diagnóstico de problemáticas ambientales en las diferentes ciudades del mundo, es decir, este monitoreo se queda instalado en una parte instrumental. **3.** El uso de los sistemas de adquisición de datos es poco usado en los salones de clase y el acercamiento de estos en la enseñanza, corresponde al área de física, pero se queda en la medición de variables, sin trascender a la interpretación de estas en su vida práctica.

2. ¿A qué necesidad/problemática o vacío conceptual/práctico o metodológico responde el planteamiento de la investigación?

1. Uso de sistemas de adquisición de datos en las aulas de clase y en la educación ambiental. **2.** Trabajar aspectos del aprendizaje significativo crítico en la educación ambiental. **3.** Estudiantes activos en el monitoreo del aire. **4.** Estrategias alternativas a las convencionales como necesidad actual en entornos de enseñanza. **5.** Concepción crítica de ambiente desde el área de ciencias naturales.



Anexo 3: Resumen del capítulo de marco teórico





Anexo 4: Autorización de tratamiento de voz y/o imagen de participantes

Autorización para el uso y tratamiento de la imagen y/o voz

En el marco del trabajo de investigación "*Construcción de una visión crítica de ambiente con la ayuda de sistemas de adquisición de datos: el caso de la contaminación del aire en Medellín*", proyecto avalado por la línea de investigación: TIC para la enseñanza de las Ciencias, de la Licenciatura en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, se realiza el siguiente consentimiento informado.

Yo _____ identificado (a) con el documento de identidad _____ de _____, **AUTORIZO** al equipo de investigación del proyecto para que utilice los soportes físicos y/o digitales de la imagen y/o voz de mi hijo o hija recogidos en las clases de Ciencias Naturales, que serán grabadas y/o fotografiadas para el proyecto anteriormente mencionado.

Esta autorización tendrá fines estrictamente académicos, por ello la imagen y/o voz de mi hijo (a), solo se podrá utilizar como material de análisis que conduzca a las conclusiones del proyecto y a su posterior socialización con la comunidad académica, asimismo declaro que se me ha informado sobre los derechos de imagen y voz y que puedo acceder a dichas fotografías y grabaciones en cualquier momento, así como conservar el anonimato.

Como constancia de lo anterior se firma y otorga en la fecha _____

Firma: _____
C.C. N° _____

Anexo 5: Entrevista semiestructurada

Objetivo Específico	Justificación	Pregunta
<p>Valorar la diferenciación progresiva de los estudiantes referente a los agentes químicos contaminantes del aire en Medellín con el apoyo de los SAD.</p>	<p>La diferenciación progresiva es todo el proceso o evolución que el estudiante ha tenido en relación con sus subsumidores. Todo esto evaluado desde el cambio en el lenguaje, respecto a los agentes químicos que contaminan el aire, con la ayuda de los SAD.</p>	<p>¿A qué nos referimos cuando hablamos de agentes contaminantes del aire? ¿Por qué crees que es importante monitorear la calidad del aire? ¿Qué papel crees que tienen los SAD para saber el estado del aire que respiramos en la ciudad? ¿Cómo explicarías que el aire de Medellín está contaminado?</p>
<p>Describir las diferentes visiones críticas de ambiente que se generan a partir de la implementación de la propuesta didáctica.</p>	<p>En el área de la educación ambiental, donde nos encontramos múltiples corrientes de pensamiento que proponen maneras específicas de acercarnos a la relación existente entre la educación y el cuidado ambiental. En un apartado de la entrevista se les mostrará a los estudiantes una serie de fotografías que describen las diferentes corrientes que existen de ambiente, descritas por Sauvé</p>	<p>¿Cómo describirías el ambiente? Y ¿Qué crees que conforma el ambiente? ¿Piensas que las medidas tomadas hasta el momento para combatir el impacto de la contaminación del aire han sido suficientes? ¿Cuáles medidas de solución propones para disminuir el impacto de la contaminación del aire?</p>

Anexo 6: Noticias relacionadas con la contaminación en Medellín

- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/aire-de-medellin-es-mas-contaminado-en-la-noche-y-madrugada-YK8387122>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/el-aire-mejoro-pero-sigue-el-riesgo-de-nueva-alerta-NE8341096>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/y-que-hacemos-por-un-mejor-aire-en-el-aburra-FF8326700>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/el-aire-de-medellin-sigue-danino-FC8316465>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/alerta-por-contaminacion-del-aire-en-medellin-y-el-valle-de-aburra-GF8315190>
- <http://www.elcolombiano.com/medio-ambiente/restricciones-y-recomendaciones-para-enfrentar-mala-calidad-del-aire-YY8313809>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/calidad-del-aire-en-medellin-estaciones-en-rojo-FB8311362>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/calidad-del-aire-en-el-valle-de-aburra-FA8310061>
- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/mejora-en-la-calidad-del-aire-de-medellin-tras-primer-pico-y-placa-de-sabado-BY8256704>
- <http://www.elcolombiano.com/colombia/salud/contaminacion-del-aire-aumenta-riesgo-de-infarto-cerebral-AY8256507>

- <http://www.elcolombiano.com/antioquia/contaminacion-del-aire-en-el-valle-de-aburra-DM8248225>
- http://caracol.com.co/emisora/2017/05/07/medellin/1494171541_825873.html
- <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/en-medellin-la-calidad-del-aire-es-una-amenaza-para-la-poblacion-192384>

Anexo 7: Preguntas relacionadas con los SAD

1. ¿Qué les hizo pensar que la incidencia era normal, media o alta en los lugares que escogieron antes de su medición?
2. ¿Los resultados arrojados por los SAD en el lugar de la medición fueron los esperados? Justifiquen su respuesta.
3. ¿Qué creen que significa que el lugar que tiene incidencia normal esté en ese estado?
4. ¿Qué creen que significa que el lugar que tiene incidencia media esté en ese estado?
5. ¿Qué creen que significa que el lugar que tiene incidencia alta esté en ese estado?
6. El valor que aparece en la medición cambia de acuerdo con el lugar, ¿Qué factores piensan que hace que cambie?
7. ¿Por qué piensas que es importante monitorear el aire en la ciudad con los SAD? Explica
8. ¿Qué contraste de negativo durante la medición con los SAD?

Anexo 8: Actividad de representación de pulmones con botellas.

Esta actividad consistió en elaborar una representación del sistema respiratorio humano con la botella plástica que representaba la caja torácica, las bombas: los pulmones, los pitillos: tráquea, laringe y faringe y el marcador fue para dibujar los alveolos presentes en los pulmones. Para la realización de esta representación, se debió cortar la parte inferior de la botella, alrededor de cinco centímetros de altura, posteriormente se le realizó un agujero a la tapa de la botella para introducir el pitillo. Ahora, con el pitillo se hizo una especie de “Y”, que representó la división de la tráquea o bronquio principal cuya función es la de conducir el aire desde la tráquea hasta los bronquiolos, aquí no debía haber fuga de aire, por lo que fue necesario usar la cinta para bloquear posibles escapes para que se realizara efectivamente la actividad. Seguidamente se fijaron las bombas con los pitillos laterales, asegurándolos con cinta con el propósito descrito anteriormente. Después de esto, se procedió a forrar la parte cortada del envase desechable con otra bomba o un guante de látex, con el fin de que con éste se pudiera cambiar la presión interna de la representación y así lograr evidenciar cómo ocurre la respiración en los humanos.

Por lo anterior, cada estudiante debió tener dos pitillos, dos bombas, un pedazo de cinta suficiente para tapan todas las fugas de aire en los pitillos y un trozo de plastilina para realizar la exhibición de cómo se obstruye el sistema respiratorio con los

agentes contaminantes del aire. La botella se entregó a los estudiantes previamente recortada, por una parte, para evitar posibles accidentes al realizar los cortes y por otra, para optimizar tiempo en la realización de esta actividad.

Anexo 9: Rubrica de evaluación de la Ecoprensa

Ítem	Pauta	Porcentaje	Nota
1	El título es llamativo y está en relación con la temática en cuestión, tiene máximo 20 palabras.	10%	1 8 0 3
2	El texto incluye mínimo una y máximo cuatro imágenes concernientes a los temas abordados en esta unidad.	10%	
3	El texto está elaborado con sus palabras y da cuenta de lo que piensa acerca de la problemática de contaminación del aire en Medellín, propone alternativas de solución y propicia una reflexión.	30%	
4	Incluye una frase alusiva al cuidado del ambiente, teniendo en cuenta las perspectivas del estudiante.	20%	
5	En el documento elaborado, se tienen en cuenta los datos arrojados por los SAD y su respectiva interpretación.	20%	
6	Contiene buena ortografía, letra legible, margen y nombre del autor.	10%	
7	Final	100%	

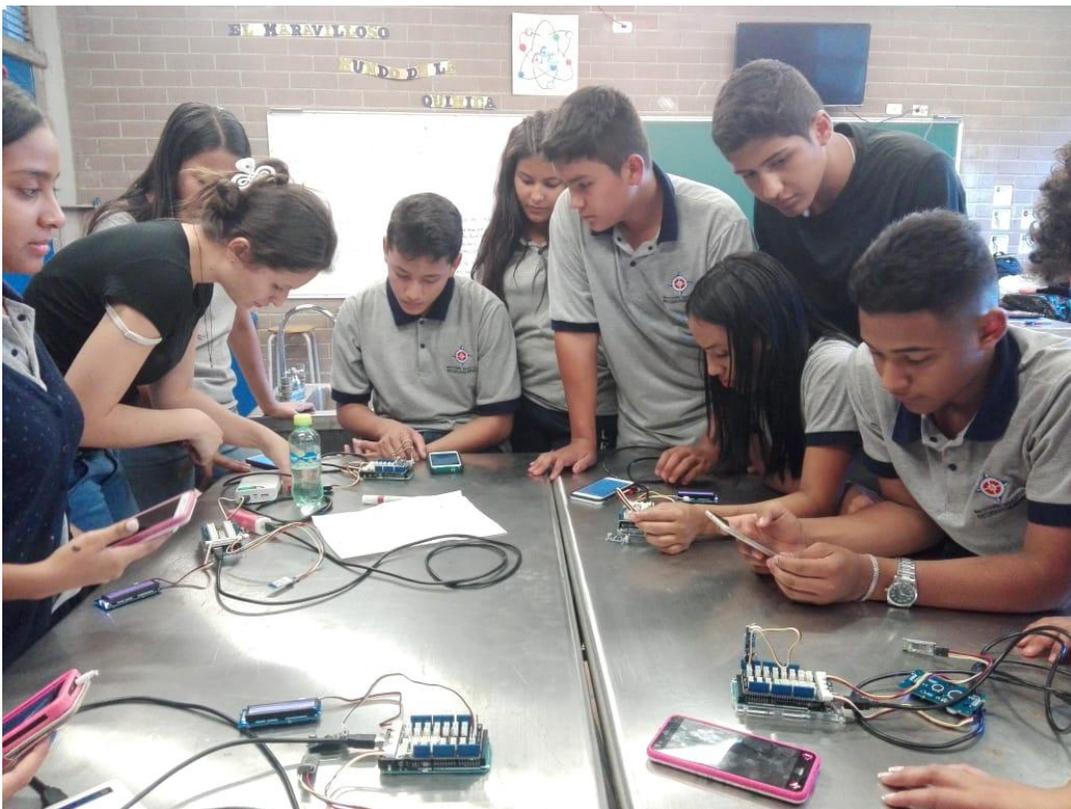
Anexo 10: Registro fotográfico de la implementación de la UEPS



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

Facultad de Educación



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803





**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación



**U
DI**

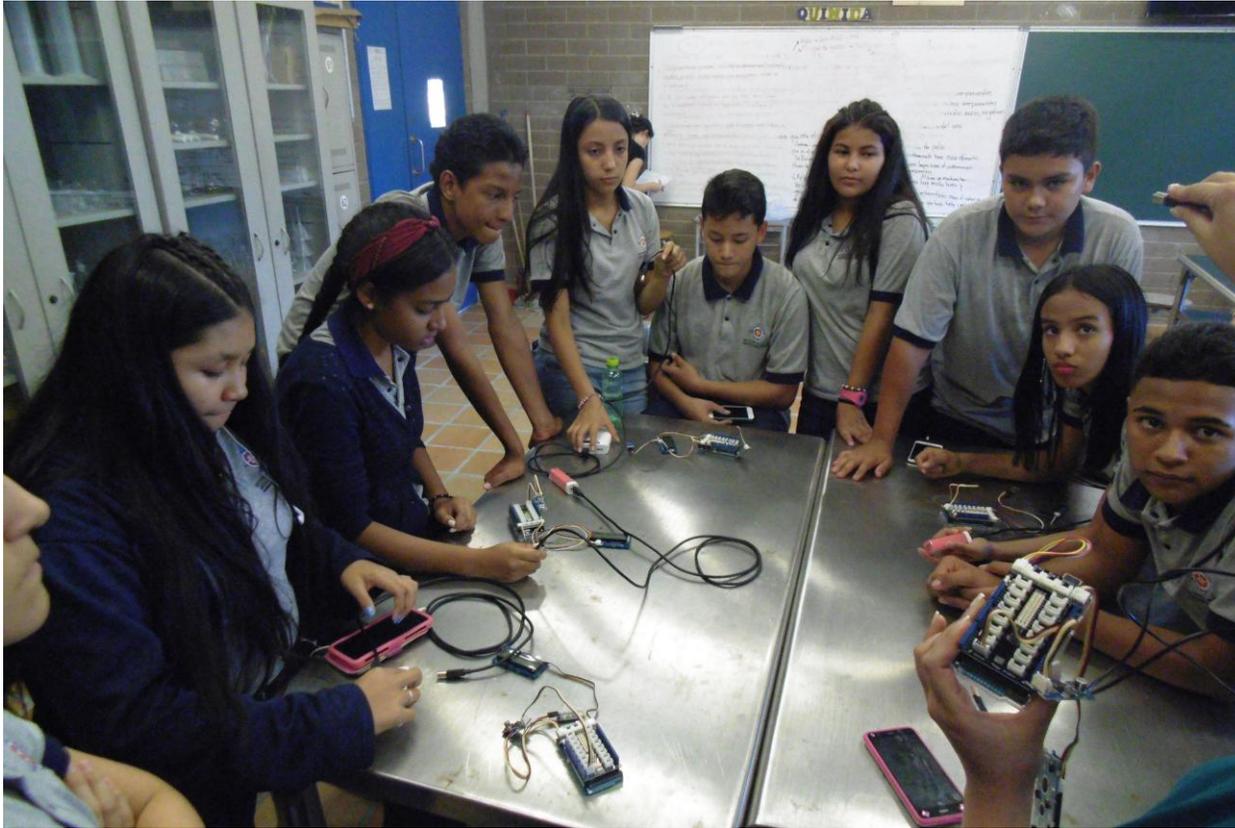
1 8 0 3



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación



U
D

1803



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1826

Facultad de Educación



**U
D**

1 8 0 3



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

Facultad de Educación



**U
D**

1803



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

Facultad de Educación



**U
D**

1803



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

Facultad de Educación



**U
D**

1803





**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación



1803

U
D





**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación



1 8 0 3