



**SIMULACIONES: UNA ALTERNATIVA PARA LA ACTIVIDAD  
EXPERIMENTAL EN LA CLASE DE CIENCIAS QUE  
POSIBILITA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL  
PROCESO DE LA RESPIRACIÓN**

**ANA MILENA LÓPEZ RUA**

**Investigación Monográfica para optar al título de Licenciada en Educación Básica  
con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

**Asesora:  
Sonia Yaneth López Ríos  
Mg. en Educación**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS  
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**Línea:  
NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS  
MEDELLÍN**

**2008**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi familia,  
que estuvo siempre a mi lado y me  
formó como una mujer íntegra.*

*A los compañeros y amigos que  
caminaron conmigo en este difícil  
camino y que me apoyaron  
siempre.*

*A mis maestros quienes me  
acompañaron en el proceso de  
formación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco en primer lugar a Dios por las bendiciones derramadas en mi vida, porque en su infinita sabiduría me iluminó y me ha guiado siempre, le agradezco por darme la familia, los amigos y profesores que han sido una herramienta que me ha permitido vencer los obstáculos que se presentaron en el camino y porque hoy gracias a ellos se hace realidad el sueño de obtener mi título profesional.*

*A mi madre LUCÍA RUA gracias por haberme dado la vida, por haberme amado, por haberme educado por ser fuente de inspiración, porque siempre me impulsó a ser mejor, por su lucha incansable y porque a pesar de las penumbras estuvo a mi lado. Este triunfo es para ti mamá.*

*A mi abuelita BERTA RUA y mi tía ELDA NELLY RUA gracias por amarme, por apoyarme y por ser madres para mí, porque con ustedes a mi lado nunca sentí que me faltara el amor de un padre.*

*A mis primos porque son los hermanos que nunca tuve, porque gracias a ese amor fraternal que nos une, encontré las mejores enseñanzas de la vida: la aceptación y la tolerancia.*

*A mis maestros que aportaron desde lo académico y lo disciplinar a mi formación como profesional y como persona, especialmente agradezco a mi asesora SONIA LÓPEZ RÍOS por su dedicación y entrega y a los profesores MARIA MERCEDES JIMÉNEZ, CAMILO RAMÍREZ CUARTAS y OSCAR MENESES por dejar una huella en mi corazón y enseñarme lo importante que es el conocimiento, pero también el amor a lo que hacemos.*

*Por último a mis compañeros y amigos, en especial a ELIZABETH ALBIS, FAIBER JARAMILLO, EZIO E. FIGUEROA Y HECTOR CORREA quienes estuvieron a mi lado incondicionalmente y cuyas palabras me animaron a seguir adelante.*

***GRACIAS***

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pp.</b>
<b>Índice de tablas y figuras</b>	8
<b>1. Introducción</b>	10
<b>2. Planteamiento del problema</b>	13
<b>3. Objetivos</b>	17
<b>3.1. Objetivo general</b>	
<b>3.2. Objetivos específicos</b>	
<b>4. Revisión de la literatura</b>	18
<b>4.1. Palabras, conceptos o nociones clave</b>	18
<b>4.2. Variables utilizadas para restringir la búsqueda de información</b>	19
<b>4.3. Bases de datos Consultadas</b>	19
<b>4.4. Organización y selección de la información relevante</b>	19
<b>4.5. Resultados encontrados</b>	20
<b>4.5.1. Las simulaciones computacionales en la Enseñanza de las Ciencias</b>	21
<b>4.5.2. Las simulaciones computacionales en la enseñanza del proceso de la respiración</b>	23
<b>4.5.3. Respiración: su construcción histórica y enseñabilidad</b>	26
<b>5. Marco teórico</b>	30
<b>5.1. Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel</b>	30
<b>5.1.1. Condiciones para el aprendizaje significativo</b>	32
<b>a. El material debe ser <i>potencialmente significativo</i></b>	32
<b>b. Predisposición del estudiante para aprender</b>	33
<b>5.1.2. Tipos de aprendizaje significativo</b>	34
<b>5.1.2.1. Aprendizaje representacional</b>	34
<b>5.1.2.2. Aprendizaje de conceptos</b>	35

5.1.2.2.1. Formación de conceptos	36
5.1.2.2.2. Asimilación de conceptos	37
5.1.2.3. Aprendizaje proposicional	38
<b>5.2. La actividad experimental y su rol en la actividad científica</b>	41
<b>5.3. La simulación computacional en la enseñanza de las ciencias</b>	48
<b>5.4. El proceso de la respiración</b>	52
5.4.1. Intercambio de gases mediante difusión	52
5.4.2. Respiración pulmonar	54
• Órganos del sistema respiratorio	54
5.4.3. Respiración branquial	56
5.4.4. Respiración traqueal	57
5.4.5. Respiración cutánea	58
<b>6. Desarrollo metodológico</b>	59
<b>6.1. Metodología de investigación</b>	59
<b>6.2. Duración de la investigación</b>	60
<b>6.3. Descripción de la población</b>	62
<b>6.4. Técnicas para recoger la información</b>	62
6.4.1. La observación participante	63
6.4.2. Las entrevistas	63
6.4.3. Diario pedagógico	64
6.4.4. Registros técnicos	64
<b>6.5. Fases de la investigación</b>	65
6.5.1. <i>Fase I:</i> Rastreo bibliográfico y planteamiento de la propuesta de investigación	65
6.5.2. <i>Fase II:</i> Configuración del marco teórico y el diseño metodológico	65
6.5.3. <i>Fase III:</i> Recolección y análisis de la información	65
<b>6.6. Diseño y aplicación de las actividades de intervención</b>	65
6.6.1. Fase de indagación de ideas previas	66

6.6.1.1. Primer instrumento	66
6.6.1.2. Segundo instrumento	66
6.6.2. Introducción de organizadores previos	66
6.6.3. Fase de aplicación del material potencialmente significativo	67
6.6.3.1. Actividad experimental	67
6.6.3.2. Simulación computacional	68
• Características del material didáctico	68
<b>6.7. Obstáculos y apoyos especiales encontrados a lo largo del estudio</b>	<b>69</b>
<b>7. Análisis y discusión de resultados</b>	<b>71</b>
<b>7.1. Análisis de la indagación de ideas previas</b>	<b>71</b>
7.1.1. Categoría 1: Órganos del sistema respiratorio	72
7.1.2. Categoría 2: Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano	74
7.1.2.1. Subcategoría 1. El sistema respiratorio aislado de los demás sistemas del cuerpo humano	76
7.1.2.2. Subcategoría 2. El sistema respiratorio está relacionado con todos los sistemas del cuerpo humano	76
7.1.2.3. Subcategoría 3. El sistema respiratorio se relaciona con uno o dos sistemas	76
7.1.3. Categoría 3: Respiración en peces	77
7.1.4. Categoría 4: Respiración de insectos y algunas arañas	79
7.1.5. Categoría 5: Respiración de lombriz y algunos gusanos	80
7.1.6. Nivel de aprendizaje significativo encontrado	81
<b>7.2. Análisis de la información obtenida después de la intervención</b>	<b>83</b>
7.2.1. Categoría 1: Órganos del sistema respiratorio	83
7.2.2. Categoría 2: Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano	86

7.2.2.1. Subcategoría 1. El sistema respiratorio está relacionado con todos los sistemas del cuerpo humano	87
7.2.2.2. Subcategoría 2. El sistema respiratorio se relaciona con uno o dos sistemas	90
7.2.3. Categoría 3: Respiración en peces	90
7.2.3.1. Subcategoría respiración branquial	91
7.2.3.2. No sabe	92
7.2.3.3. No justifica su respuesta	92
7.2.4. Categoría 4: Respiración de insectos y algunas arañas	92
7.2.5. Categoría 5: Respiración de lombriz y algunos gusanos	93
7.2.6. Nivel de aprendizaje significativo alcanzado	95
7.2.7. Efectos esperados	98
<b>8. Conclusiones</b>	<b>102</b>
<b>9. Implicaciones educativas y pertinencia de la investigación</b>	<b>104</b>
<b>10. Referencias bibliográficas</b>	<b>106</b>
<b>11. Anexos</b>	
<b>Anexo 1. Primer Instrumento de indagación de ideas previas</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 2. Segundo instrumento de indagación de ideas previas</b>	<b>119</b>
<b>Anexo 3. Práctica de laboratorio: Modelo pulmonar</b>	<b>122</b>
<b>Anexo 4. Simulación</b>	<b>125</b>
<b>Anexo 5. Fotografías</b>	<b>127</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Pp.
<b>1. Figuras</b>	
<b>Figura 1.</b> <i>Principio de asimilación. Tomada de Moreira (2000, p. 24).</i>	31
<b>Figura 2.</b> <i>Condiciones de aprendizaje significativo. Significado lógico y psicológico. Tomada de Caballero (2003, p. 144).</i>	34
<b>Figura 3.</b> <i>Mapa conceptual sobre la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel.</i>	40
<b>Figura 4.</b> <i>Concepción de las prácticas experimentales.</i>	45
<b>Figura 5.</b> <i>Implicaciones de un aprendizaje basado en simulaciones. Tomada de García y Gil (2006, p. 314).</i>	49
<b>Figura 6.</b> <i>Intercambio de gases en el alvéolo por difusión.</i>	56
<b>Figura 7.</b> <i>Caso representativo de la categoría 1.</i>	85
<b>Figura 8.</b> <i>Categoría 5. Etapa de intervención</i>	94
<b>Figura 9.</b> <i>Convenciones utilizadas para detectar los efectos esperados.</i>	98
<b>Figura 10.</b> <i>Matriz Efectos esperados vs. Efectos reales</i>	99
<b>2. Tablas</b>	
<b>Tabla 1.</b> <i>Cronograma de actividades</i>	61
<b>Tabla 2.</b> <i>Sistematización de ideas previas. Categoría 1.</i>	72
<b>Tabla 3.</b> <i>Sistematización de ideas previas. Categoría 2.</i>	74
<b>Tabla 4.</b> <i>Sistematización de ideas previas. Categoría 2 y subcategorías.</i>	75
<b>Tabla 5.</b> <i>Sistematización de ideas previas. Categoría 3 y subcategorías.</i>	78
<b>Tabla 6.</b> <i>Sistematización de ideas previas. Categoría 4 y</i>	79



<i>subcategorías.</i>	
<b>Tabla 7.</b> <i>Sistematización de ideas previas. Categoría 5 y subcategorías.</i>	80
<b>Tabla 8.</b> <i>Niveles de aprendizaje encontrados en el diagnóstico de ideas previas.</i>	82
<b>Tabla 9.</b> <i>Categoría 1. Análisis posterior a la intervención.</i>	84
<b>Tabla 10.</b> <i>Categoría 2. Análisis posterior a la intervención.</i>	87
<b>Tabla 11.</b> <i>Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano.</i>	88
<b>Tabla 12.</b> <i>Categoría 3. Etapa de intervención.</i>	91
<b>Tabla 13.</b> <i>Niveles de aprendizaje significativo alcanzados.</i>	95

## 1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de dinamizar el papel de la actividad de laboratorio y de mejorar la calidad de la educación, dentro del marco didáctico que promueven las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se parte de la necesidad de contextualizar la Enseñanza de las Ciencias afrontando la tecnología. En este trabajo se proponen las TIC, especialmente las herramientas computacionales como un método alternativo que puede ayudar a los estudiantes a lograr un aprendizaje significativo.

Esta investigación se centra en el diseño, implementación y valoración de una simulación computacional, como alternativa a los procesos de enseñanza-aprendizaje tradicionales. La educación actual requiere dinámicas diferentes a las que se han abordado; este proyecto puede contribuir a la búsqueda de opciones o formas de abordar la enseñanza, posibilitando la adquisición de conocimientos, actitudes y procedimientos propios de las ciencias naturales de forma significativa entre los participantes que se incluyen en el proceso.

La información por sí misma no propicia conocimiento, es necesario proveer una serie de condiciones que favorezcan el aprendizaje significativo; para ello, Ausubel propone que los estudiantes manifiesten disposición para aprender y que el material sea potencialmente significativo (con significado lógico y psicológico). Para este trabajo, se plantean las simulaciones computacionales como material potencialmente significativo que puede contribuir a mejorar los procesos de aprendizaje y complementar los trabajos del laboratorio.

La presente investigación propone valorar el nivel de aprendizaje significativo que alcanzan los estudiantes implementando las TIC, específicamente las simulaciones como actividad complementaria a la del laboratorio. Partiendo de ello, se realizó un estudio de casos- interpretativo desde la perspectiva de Moreira (2002), con la intención de determinar si realmente las herramientas computacionales favorecen el Aprendizaje Significativo.

La recolección de la información se realizó en cuatro momentos, en el primero se realizó una prueba diagnóstica para conocer lo que los estudiantes sabían acerca del proceso de la respiración (subsumidores); en el segundo se efectuó la introducción de los organizadores previos, con el fin de acercar a los estudiantes al tema objeto de estudio; en un tercer momento, se realizó una práctica experimental, que pretendía propiciar un espacio de conceptualización, en el cual los estudiantes tuvieran contacto directo con el fenómeno; y, por último, se implementó un trabajo mediado por la simulación computacional, en el que los estudiantes tenían la posibilidad de interactuar con el proceso; al mismo tiempo, se realizó una prueba final para determinar qué tan útiles son estas herramientas a la hora de aprender significativamente.

Por otra parte, el análisis de la información sugiere que la mayoría de los estudiantes se ubican en un nivel de aprendizaje significativo proposicional, logrando asimilar todos los conceptos abordados durante la simulación. Sin embargo, algunos estudiantes se ubican en el nivel de aprendizaje significativo conceptual porque no logran establecer todas las relaciones necesarias para explicar el proceso de la respiración. Esto permite establecer que las simulaciones informáticas son herramientas valiosas para propiciar el aprendizaje significativo.

La práctica experimental permitió a los estudiantes visualizar de forma general el proceso de la respiración y favoreció el trabajo en grupo por parte de la mayoría de los estudiantes. La experimentación sirvió para fortalecer actitudes y procedimientos, así como para aclarar algunos conceptos antes de implementar la simulación computacional.

Los datos obtenidos, permiten determinar que el uso de las tecnologías, específicamente las simulaciones computacionales, contribuyen al aprendizaje significativo. Se encontraron avances significativos comparando las categorías iniciales, obtenidas en el diagnóstico de ideas previas y las categorías finales, después de implementar la simulación. Sin embargo, la existencia de múltiples

recursos informáticos, no garantiza que el uso educativo de las TIC produzca una mejora en la calidad de la educación científica, sino se tiene en cuenta la importancia de los aspectos metodológicos, las ideas previas de los estudiantes y el rol desempeñado por profesores y estudiantes en los procesos de enseñanza- aprendizaje (Najjar, 1997; Novak, *et al.*, 1999; Bransford, *et al.*, 1999, citado por Pontes, 2005, p. 331).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las herramientas computacionales han hecho cambios profundos no sólo en el ámbito educativo, sino también en la cultura, la política y hasta en las relaciones interpersonales, transformando la vida de todos los que hacemos uso de ellas de forma directa o indirecta. Diversas investigaciones han comprobado que mejores recursos no implican mejores aprendizajes; existen algunos inconvenientes, entre los cuales el más destacado que ha sido estudiado por la Didáctica de las Ciencias, es el hecho de que al incluir nuevas tecnologías en la clase de ciencias, no se tienen en cuenta las ideas previas de los estudiantes y esto produce errores conceptuales en el transcurso del aprendizaje (Driver *et al.*, 1989; Carmichael *et al.*, 1990; Duit, 1993, citado por Pontes, 2005, p. 334); sin embargo, existen numerosos beneficios como la motivación de los estudiantes y el desarrollo de clases placenteras que hacen que en ocasiones, los estudiantes comprendan determinados conceptos, pero no se asegura un aprendizaje óptimo.

De acuerdo con algunas investigaciones en el campo de las TIC, las aplicaciones informáticas que presentan mayor interés para la Enseñanza de las Ciencias en la actualidad son los programas de simulación y los sistemas tutoriales integrados, que incluyen contenidos teóricos, simulaciones de fenómenos, ejercicios y pruebas de evaluación del aprendizaje (*Op. cit.*, p. 331).

Pontes (2005) concuerda con que la utilización de las TIC suele ser útil en la clase de ciencias y en especial en los laboratorios, a través del uso de software didáctico específico para cada materia (tutoriales, sensores, banco de datos y simulaciones).

La utilización de la simulación computacional constituye una oportunidad para el proceso de enseñanza - aprendizaje, teniendo en cuenta sus enormes posibilidades para contribuir a la formación de habilidades de compleja

adquisición en la práctica educativa. Además, posibilita la interacción entre los estudiantes y las TIC.

Destacar la información sobre la formación, la enseñanza oral sobre la actividad experimental y discusión colectiva, así como la exagerada cantidad de información que se pretende el estudiante “asimile”, y el desconocimiento sobre el grado de complejidad con el que deben tratarse los conceptos, leyes o teorías científicas, provocan, en la mayoría de los casos, animadversión a las ciencias naturales (Fierro, 2000). Los estudiantes olvidan pronto lo que aprendieron, sólo asimilan fragmentos de la información que se les proporciona y no logran integrarlos de modo que utilicen lo aprendido para resolver problemas, explicar fenómenos de la realidad o entender una situación.

En los últimos años se han escrito diversas críticas a las prácticas escolares y en las cuales se proponen innovaciones tanto en lo metodológico como en lo conceptual. Lo que parece más problemático es la idoneidad de las prácticas para el aprendizaje de *conceptos teóricos*, mientras que no se duda de su utilidad para el aprendizaje de los *procedimientos científicos*. Además, se reconoce que las prácticas escolares responden a finalidades diversas: familiarizarse con algunos fenómenos, contrastar hipótesis e investigar. También se ha recalcado en implementar los tipos de prácticas, según tres objetivos principales: aprender ciencias, aprender qué es la ciencia y aprender a hacer ciencia (Izquierdo, *et al.*, 1999).

La actividad experimental, hace mucho más que apoyar las clases teóricas de cualquier área del conocimiento; su papel es importante en el sentido que despierta y desarrolla la curiosidad de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas y a explicar algún fenómeno con mayor facilidad. Una clase teórica de ciencias, de la mano con la enseñanza experimental creativa y continua, logrará poner de manifiesto en los estudiantes algunas habilidades que la ciencia exige (Álvarez, 2004).

Por otro lado, una de las situaciones más preocupantes de las prácticas de laboratorio es la simpleza con la que los maestros las asumen. Éstas sólo sirven para observar, dibujar y a veces describir, y aunque estas actividades son importantes, no ayudan a agudizar la capacidad de predicción y observación científica, mediada por hipótesis. Los trabajos prácticos que proponen los profesores quedan enmarcados dentro de una enseñanza de transmisión de conocimientos, que supone una concepción de aprendizaje por recepción, en la cual no se tiene en cuenta la actividad transformadora de los estudiantes, y dentro de presupuestos epistemológicos empiro-inductivistas.

Los trabajos de laboratorio que los profesores llevan a cabo en sus clases se caracterizan por el bajo nivel de indagación, al no requerir habilidades investigadoras (Herron, 1971, citado por Hodson, 1994). La observación es una habilidad que no se aprovecha de manera adecuada, “mirar” sólo para dibujar o simplemente para responder un cuestionario no tiene ningún sentido. Sin embargo, hay que rescatar que los trabajos de laboratorio favorecen la comprensión de conceptos disciplinares que son expuestos por los docentes, esto, debido a que los estudiantes se ponen en contacto con el mundo natural, con objetos reales que no se encuentran en los libros ni en las clases teóricas; sin embargo, son los que le permiten hallarle un sentido a lo que explican.

En el origen del conocimiento está el intento de explicar el mundo. Cuando, en la escuela, el saber es transmitido de forma descontextualizada, omitiendo el nexo con ese entorno, los alumnos no saben para qué estudian. Por el contrario, realizar un trabajo práctico de laboratorio en presencia de material natural repone el vínculo necesario que permite devolver el sentido al saber disciplinar. Además, este encuentro con el objeto real pone en marcha las ganas de entender el mundo biológico (Álvarez, 2004).

Sin duda la ciencia es una disciplina teórico-práctica, y una gran parte de la actividad científica tiene lugar en los laboratorios. Si la enseñanza de las ciencias promueve la adquisición de procedimientos y habilidades científicas

desde las más básicas hasta las más complejas, es clara la importancia que los trabajos prácticos deben tener en el currículo.

En la actualidad, los laboratorios no están lo suficientemente equipados para realizar algunas prácticas; además, existen experiencias que pueden exponer a los aprendices a peligros innecesarios. Además, las exigencias de la educación para el nuevo milenio son las de incorporar las herramientas computacionales a los procesos de enseñanza- aprendizaje y hacer de la clase un espacio en el cual los estudiantes puedan interactuar con los computadores.

Por otra parte, la respiración ha sido un proceso abstracto, pues lo que sucede al interior del cuerpo no es visible y las reacciones químicas que ocurren a causa de la respiración son difíciles de entender; esto sin contar con la dificultad que representa para los estudiantes comprender que el intercambio gaseoso no se da sólo a nivel pulmonar. Por esa razón, se ve la necesidad de diseñar una estrategia que permita a los estudiantes identificar este fenómeno y reconocer su importancia para el mantenimiento de la vida.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación tiene como propósito responder al siguiente interrogante: **¿Cuál es el nivel de aprendizaje significativo que alcanzan los estudiantes en relación con el proceso de la respiración, al incorporar simulaciones computacionales como complemento de la actividad experimental en la Enseñanza de las Ciencias?**



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. General**

Valorar el nivel de aprendizaje significativo que alcanzan los estudiantes en relación con el proceso de la respiración, después de implementar una actividad experimental soportada por la simulación computacional.

#### **3.2. Específicos**

- Indagar por el nivel de aprendizaje significativo que tienen los estudiantes en relación con el proceso de la respiración.
- Diseñar e implementar una propuesta de actividad experimental, que incluya como complemento la simulación computacional, posibilitando el aprendizaje significativo del proceso de la respiración.
- Valorar el nivel de aprendizaje significativo que alcanzan los estudiantes, después de aplicar la actividad experimental y la simulación computacional en su actividad escolar.

## 4. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Uno de los objetivos centrales del estado del arte es contribuir a la construcción de nuevos conocimientos en el campo de la Enseñanza de las Ciencias, esto supone, de alguna manera, el conocimiento de lo ya existente en la materia que se va a trabajar, dado que no se pueden aportar nuevos conocimientos si no se tiene una idea respecto de los que ya se produjeron. En este sentido, dar cuenta del estado del arte significa explicar qué se ha investigado hasta ahora en relación con el tema específico de estudio, intentando distinguir, además, el modo en que esta investigación puede significar un enriquecimiento de los conocimientos existentes y no una reiteración de estudios anteriores. Además, esta revisión permite conocer si existen marcos teóricos, datos empíricos o formulaciones conceptuales sobre el tema que se está estudiando.

Este estado del arte brinda pertinencia a la hora de abordar el fenómeno a estudiar, además es un aspecto que le confiere credibilidad y validez a la investigación. Se parte de dos procesos para la construcción teórica:

- Revisión bibliográfica: qué se ha publicado sobre el tema hasta el momento.
- Conocer otros análisis, otros enfoques, los aspectos que se han examinado, las metodologías utilizadas y las hipótesis que han surgido.

### 4.1. Palabras, conceptos o nociones clave

- Actividad experimental o trabajo en el laboratorio
- Aprendizaje significativo
- Enseñanza de las Ciencias
- Proceso de la respiración
- Simulaciones computacionales
- Simulaciones en la Enseñanza de las Ciencias

- Las TIC en la enseñanza

#### **4.2. Variables utilizadas para restringir la búsqueda de información**

1. **Fuentes:** revistas (impresas y on-line), libros, monografías, memorias de eventos (congresos y seminarios) y páginas Web.
2. **Idiomas:** español, inglés y portugués.
3. **Período de tiempo:** búsqueda limitada entre los años 1986 y 2007.

#### **4.3. Bases de datos Consultadas**

- EBSCO: <http://search.ebscohost.com/>
- DIALNET: <http://dialnet.unirioja.es/>

#### **4.4. Organización y selección de la información relevante**

- Se consultaron las bases de datos y se realizó una búsqueda intensiva en la Biblioteca Central de la Universidad de Antioquia y en el Centro de Documentación de la Facultad de Educación.
- Una vez hecha esta consulta se seleccionaron los artículos y libros relevantes y se analizó el contenido.
- La información relevante se sistematizó en fichas.
- Cuando hubo mucha información en un campo se seleccionaron los autores básicos que son referencia de otros.
- Con la información seleccionada y organizada se construyó un banco de referencias.
- Desde esta ubicación del estado del arte se construyó principalmente el marco teórico y se encontraron apoyos a la construcción del planteamiento del problema.

#### 4.5. Resultados encontrados

El rastreo bibliográfico muestra como se ha presentado el proceso de la respiración en la enseñanza, las concepciones de los estudiantes y profesores al respecto, las simulaciones disponibles en el ciberespacio, el tratamiento que se le ha dado a la informática en el campo de la educación y el rol de la actividad experimental. Estos resultados han sido producto básicamente de revistas reconocidas, especialmente de la *Revista Enseñanza de las Ciencias*, la *Revista sobre Enseñanza y divulgación de las ciencias* y la *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*.

Aunque la implementación de las herramientas computacionales ha sido lenta y difícil, se encuentran varios artículos que tienen en cuenta componentes pedagógicos y didácticos a la hora de trabajar con las TIC en el aula. Sin embargo, no se tienen muy en cuenta los procesos cognitivos como consecuencia de la interacción de los estudiantes con este tipo de herramientas; aunque en la *Revista Electrónica de Tecnología Educativa* se encuentran algunos artículos que consideran este punto.

Es de vital importancia reconocer la evolución de las TIC; es decir, cómo se han venido implementando las Tecnologías de la Información y la Comunicación a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Es de anotar que las TIC se han aplicado principalmente a las actividades de laboratorio en el área de la física y la química; la biología ha sido la disciplina que menos ha implementado este tipo de herramientas informáticas.

El proceso de incorporación de las TIC al ámbito educativo y, en particular, a la Enseñanza de las Ciencias ha sido poco estudiado. Por una parte son pocas las investigaciones que han analizado la efectividad del uso de ordenadores en la promoción del conocimiento y en la generación de nuevos tipos de aprendizaje (Brandsford *et al.*, 1999; Brandsford *et al.*, 2000, citado por García y Gil, 2006, p. 305) y, por otra, la rapidez en los cambios tecnológicos que

daban soporte a las iniciativas docentes, explica una época de desconcierto que parece estar asentándose en una serie de tecnologías prometedoras basadas fundamentalmente en máquinas virtuales, metalenguajes y estándares abiertos (Christian, 2000).

Para iniciar un debate sobre la importancia de los aspectos metodológicos y la fundamentación didáctica del uso de las TIC en la educación científica podríamos comenzar por plantearnos algunas cuestiones como las siguientes: ¿Deben los computadores cambiar la manera de enseñar? ¿Hay que familiarizar a los estudiantes con los programas informáticos o éstos son más bien un obstáculo para aprender a razonar? Estas cuestiones se plantearon en una reunión internacional de profesores expertos en aplicaciones educativas de las nuevas tecnologías, y tras el debate planteado se alcanzaron algunas conclusiones que parecen relevantes. La primera es que los programas de computador deben ser siempre un instrumento más de trabajo docente y nunca deben desplazar al auténtico protagonista del aprendizaje que es el alumno. La segunda es que la formación del profesorado es fundamental para sacar partido a estas nuevas herramientas (Salomone, 2004 citado por Pontes, 2005, p. 331). Estas dos conclusiones pueden servir de fundamento para desarrollar este trabajo y determinar cómo han sido las aplicaciones de las TIC en la educación científica. Un análisis sobre la problemática educativa que supone la utilización de los nuevos recursos didácticos, puede servir para tratar de formular una propuesta metodológica orientada a mejorar el uso de los programas de computador en la Enseñanza de las Ciencias experimentales (Pontes, 2005).

#### **4.5.1. Las simulaciones computacionales en la Enseñanza de las Ciencias**

Las simulaciones computacionales han sido usadas en la física principalmente para realizar trabajos de laboratorio. Es fácil encontrar animaciones en relación a fenómenos propios de la física como movimiento de los péndulos, caída libre, etc.

Un artículo encontrado que corresponde a las memorias de un Congreso Virtual, realizado en el año 2006, presenta las simulaciones informáticas y su relación con aspectos relevantes como la pedagogía, la didáctica y el currículo. Este congreso centraba sus intereses en la implementación de las herramientas informáticas para facilitar los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

En este trabajo se presenta un ejemplo específico para el área de la física; sin embargo, lo que más interesa es que se tienen en cuenta los componentes curriculares, pedagógicos y didácticos a la hora de implementar las simulaciones o los trabajos mediados por las TIC; además de tener en cuenta los procesos cognitivos de los estudiantes al interactuar con estas herramientas. Para aprovechar la enorme potencialidad de estas tecnologías en la escuela, es necesario realizar una reflexión pedagógica de las actividades de enseñanza, lo cual abarca objetivos generales, contenidos específicos y metodologías (Kofman, H.; 2003, citado por Marchisio *et al.*, 2004).

La escuela debe estar en la búsqueda de una interactividad educativa, reconociendo que la educación es una actividad planificada y que es un proceso que promueve la autonomía, la aplicación de conceptos y la resolución de problemas favoreciendo los procesos de evaluación integrados en el currículo.

Al incorporar actividades mediadas por las TIC, es necesario tener en cuenta la organización de los contenidos curriculares y que la secuenciación didáctica se fundamente en lo cognitivo, priorizando las relaciones conceptuales ordenadas y jerarquizadas, característica importante en los procesos de aprendizaje significativo, pues Ausubel contempla dentro de su teoría que en la estructura cognitiva las ideas se organizan por jerarquía. Con base en esto deben ser diseñados los materiales que van a incorporarse al aula de clase para propiciar el aprendizaje.

La organización del material que va a presentarse a los estudiantes, debe ser diseñada de tal forma que atienda a los contenidos del área y busque potenciar el establecimiento de los vínculos que permitan la adecuada estructuración conceptual y la integración de conocimientos; la secuenciación de los contenidos abordados en la simulación debe enlazarse de tal forma que responda al enfoque disciplinar (Marchisio *et al.*, 2004). Esto es consecuente con la teoría del aprendizaje significativo, que establece que el material potencialmente significativo debe tener significado lógico y psicológico.

De Jon y Van Joolingen (1998, citado por García y Gil, 2006) caracterizan a las simulaciones como programas de aprendizaje por descubrimiento. Se ha observado que la falta de competencia que el alumno posee para considerar exhaustivamente la totalidad de las posibilidades para el descubrimiento (establecimiento de hipótesis, decisión sobre el parámetro a manipular, interpretación de los datos, diseño del experimento, así como la planificación y control de su propio proceso de aprendizaje) es una de las dificultades que hacen que su uso no sea totalmente efectivo si es que las mismas no se integran en diseños que incluyan la realización de tareas específicas, más allá de ser planteadas al educando como simples actividades sin significado.

#### **4.5.2. Las simulaciones computacionales en la enseñanza del proceso de la respiración**

Los resultados obtenidos durante el rastreo bibliográfico proporcionan una base que muestra que las simulaciones computacionales no han sido frecuentemente utilizadas para presentar el proceso de la respiración y menos con un enfoque educativo. Sin embargo, se encontraron dos simulaciones diseñadas para maestros y estudiantes, que tienen en cuenta algunos aspectos pedagógicos, didácticos y curriculares.

- **eduMedia:** eduMedia es un sitio Web que propone herramientas de trabajo para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Consiste en

un banco de recursos pedagógicos para el docente y una herramienta de trabajo para los estudiantes.

Con eduMedia, los educadores tienen acceso a una colección de animaciones pedagógicas que abarcan las principales disciplinas científicas: Matemáticas, Física, Química y Ciencias Naturales para niveles que van desde primaria hasta el primer ciclo universitario.

El sitio Web [www.edumedia-sciences.com](http://www.edumedia-sciences.com) se enriquece permanentemente y propone actualmente cerca de 400 animaciones descargables por cualquier educador cuyo centro educativo esté abonado. Cuando los visitantes de este sitio no se han inscrito a eduMedia, pueden apreciar las animaciones en versión de prueba; es decir, sólo por un instante y no pueden descargarse nuevamente.

En el siguiente enlace, se encuentra disponible una simulación acerca del proceso de la respiración y a continuación se hará una breve descripción de las características de la animación:

[http://www.edumedia-sciences.com/a385\\_I3-sistema-respiratorio.html](http://www.edumedia-sciences.com/a385_I3-sistema-respiratorio.html)

Esta simulación es muy lineal y poco interactiva, no brinda a los estudiantes la posibilidad de entender paso por paso el proceso; es decir, sería muy interesante si se hubiese adicionado alguna información acerca del fenómeno a estudiar, así, al instante que se está apreciando la animación se podría tener por escrito una explicación. Además, el diseño es muy plano y las imágenes no son llamativas, no permiten ver más allá del proceso, es una muestra de intercambio gaseoso a nivel pulmonar exclusivamente.

Por otra parte, es muy importante que se incluyan objetivos de aprendizaje y una hoja para que el estudiante trabaje; no obstante, no se



tiene en cuenta una metodología ni una línea de aprendizaje por la que pueda guiarse el docente a la hora de implementar la animación.

**educar:** éste es un portal educativo Argentino, con muchas aplicaciones en el campo educativo, dirigido a la implementación de las TIC en el ámbito educativo. Este sitio Web (<http://www.educ.ar/educar/>) contiene muchos trabajos que los docentes pueden llevar al aula (animaciones, experimentos, textos, etc.); además contiene cursos on-line que le permite a los maestros actualizarse en cuanto a las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la forma de explotar todos los recursos disponibles en la red.

En el siguiente enlace se puede encontrar un trabajo relacionado con el sistema respiratorio:

[http://media.educ.ar/skool/biologia/La\\_respiracion/launch.html](http://media.educ.ar/skool/biologia/La_respiracion/launch.html)

Esta animación es poco profunda, no muestra un proceso claro en el cual intervienen otros sistemas del cuerpo humano, sólo ofrece una información general y nuevamente cae en el error de la simulación anterior, muestran la respiración como un intercambio de gases a nivel pulmonar exclusivamente. No se tiene en cuenta la población a la que va dirigida (grado, edad, etc.) ni el momento en el cual sería conveniente implementarlo. Hace falta fuerza a la hora de mostrar una teoría de aprendizaje por la cual los docentes se guíen para elaborar dispositivos pedagógicos mediados por las TIC.

En general, las animaciones que se encuentran en Internet, no tienen claros todos los componentes didácticos y pedagógicos que deben incluirse a la hora de implementar este tipo de herramientas. Además, hace falta poner atención al diseño, pues es un aspecto importante a la hora de motivar a los estudiantes.

Siendo consecuentes con la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, las simulaciones computacionales para la enseñanza del proceso de la respiración, no se han diseñado pensando en implementarlo como material potencialmente significativo, pues a pesar de tener significado lógico, no cuenta con el significado psicológico que requiere para cumplir con las características de significativo.

#### **4.5.3. Respiración: su construcción histórica y enseñabilidad**

La comprensión del proceso de la respiración no fue fácil para los químicos y fisiólogos que lo abordaron y, no lo es tampoco para su comprensión en el aula porque sus mecanismos abarcan diversos niveles desde lo macroscópico o fisiológico hasta las actividades intracelulares.

Esos niveles que implican además su abordaje desde varias disciplinas hacen que la respiración no sea considerada un concepto sino todo un campo conceptual (Giordan, 1998) y por tanto, su historia no se constituye de una serie de ideas acumuladas linealmente sino de procesos, construcciones y reconstrucciones alrededor de la cuestión de la respiración que se estuviese tocando.

Así pues, Giordan (1998) indica seis cuestiones frente a las cuales se fue construyendo la noción de respiración y que es importante tenerlas en cuenta a la hora de tratar el tema en el aula, sobre todo si se acepta que en muchos aspectos, la construcción escolar del conocimiento sufre procesos similares a la construcción histórica del mismo.

- a. La primera cuestión corresponde a la ventilación; desde los escritos de Aristóteles y Platón hasta el mismo Galeno, a la respiración le corresponde funciones vitales pero sólo se logra abordar desde los procesos de inspiración y expiración, relacionándolos con términos como

“aliento vital” y “neuma” en los que la función de la respiración es participar en procesos de refrigeración del organismo.

- b.** A partir de los estudios morfológicos del siglo XVI, se empieza a asociar la respiración con los pulmones, surge como segunda cuestión entender las estructuras que participan en la respiración y saber si existía o no relación entre la respiración y la circulación sanguínea.
- c.** Aceptada ya la hipótesis del contacto entre el aire y la sangre, aparece la cuestión de la difusión, transporte e intercambio de los gases, en este sentido durante el siglo XVII la química entra a jugar un papel decisivo en torno a la respiración, se le asocia con el “flogisto” y se empieza a estudiar y diferenciar los dos tipos de “aire” intervinientes en la respiración, del cual el inspirado ( $O_2$ ) facilita la vida mientras que el expirado ( $CO_2$ ) la inhibe, en este momento se destacan personajes como Priestley y Boyle.
- d.** En los alrededores de 1870, cuando la termodinámica se encuentra en pleno proceso de desarrollo, químicos como Lavoisier y Laplace trabajaron alrededor de la siguiente cuestión: los procesos de energética y combustión a partir de los cuales la respiración se empieza a entender como la combustión lenta de carbono e hidrógeno para producir “calórico”,  $CO_2$  y agua.
- e.** La cuestión a partir de ese momento es localizar el lugar donde ocurre la combustión pues los estudios durante el siglo XVIII demostraban que la combustión no ocurría en los pulmones y es así como aparece la hipótesis de la respiración a nivel tisular.
- f.** Por último a principios del siglo XIX, con toda la investigación en torno a los procesos de fermentación se cuestiona el asunto de la combustión y la respiración aparece como una *“cadena de reacciones catalizadas que*

*lleva a la producción de trabajo y calor”* (Giordan, 1998) mediado por la hemoglobina. Pero es sólo en el siglo XX donde se abordan los procesos de deshidrogenación (1920) y por último los procesos de transporte y ciclo de Krebs (1949).

La respiración es entendida ahora como una parte del metabolismo, específicamente en el cual la energía contenida en diferentes biomoléculas (como los glúcidos) es liberada de manera controlada. En estas reacciones bioquímicas, ocurren en la mayoría de las células, en ellas el ácido pirúvico producido en la glicólisis se desdobra en anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) y se producen 36 moléculas de ATP. En eucariotas, la respiración se realiza en las mitocondrias y ocurre en tres etapas:

- Oxidación del piruvato
- Ciclo de los ácidos tricarbónicos
- Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa de ADP a ATP.

Varios autores han estudiado las representaciones y concepciones que se presentan en torno a la respiración. Flores (2004) por ejemplo menciona que muchas de las concepciones alternativas que se presentan en torno a los procesos de respiración, pueden tener su origen en los procesos de enseñanza y en las mismas concepciones de los docentes, por ello estudia y clasifica las representaciones de los docentes en cuatro categorías así:

- a. Explicaciones antropomórficas:** Visualizan la respiración desde el funcionamiento humano.
- b. Explicaciones causales:** No explican lo que es la respiración sino que argumentan el proceso desde las causas.
- c. Explicaciones descriptivas:** Que se limitan a la descripción del fenómeno pero no se logra comprensión.

- d. Explicación teleológica:** La definen desde la finalidad del proceso para la vida y para la satisfacción de necesidades.

Por otra parte, Tamayo (2003), realiza un estudio multidimensional de las representaciones de los estudiantes frente a la respiración entre las cuales menciona las epistemológicas, que revelan los procesos históricos de la construcción de este fenómeno; al respecto categoriza las representaciones más usadas por los estudiantes en:

- a.** Una visión vitalista, donde la respiración cumple la función vital, incluye aspectos como “aireación” y refrigeración.
- b.** Como intercambio gaseoso, donde los pulmones juegan el papel central en la respiración.
- c.** Como procesos de combustión.
- d.** Como proceso celular responsable de la obtención y transformación de energía. (Explicación científica)

## 5. MARCO TEÓRICO

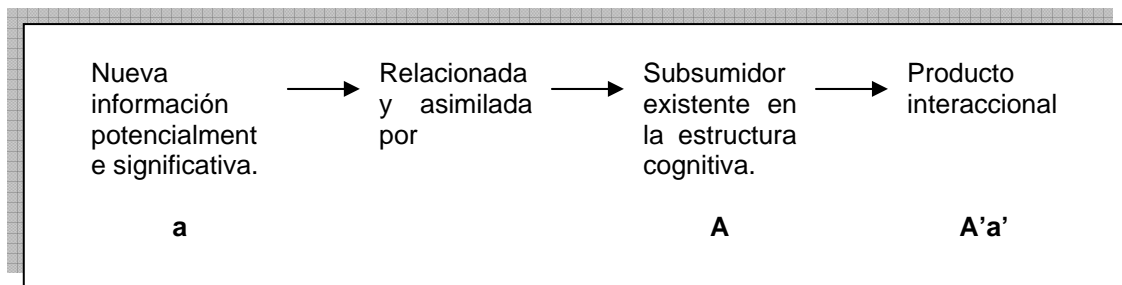
Los aspectos teóricos sobre los que se fundamenta esta investigación se desarrollan en los siguientes puntos; por un lado en la teoría del aprendizaje que sustenta el trabajo, para este caso, el Aprendizaje Significativo de Ausubel y por otro lado, el proceso de la respiración, el rol de la actividad experimental en la educación científica y la implementación de las simulaciones informáticas en la Enseñanza de las Ciencias. Estos aspectos contribuyen a desarrollar la investigación y permiten un acercamiento al objeto de estudio.

### 5.1. Teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel

La idea central del aprendizaje significativo se resume en la siguiente frase, en palabras del propio Ausubel: *“Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje es aquello que el aprendiz ya sabe. Averígüese esto y enséñese de acuerdo con ello”*. Esto significa que los docentes deben indagar primero por aquello que los estudiantes traen en su mente sobre algún tema y a partir de esos “conocimientos” desarrollar una propuesta de enseñanza-aprendizaje, para que este último sea significativo.

Se dice que un aprendizaje es significativo cuando una nueva información adquiere significados para el estudiante por medio de un anclaje en aspectos relevantes de la estructura cognitiva preexistente del individuo; es decir, en conceptos, ideas o proposiciones ya existentes en su estructura de conocimiento. Esos aspectos relevantes de la estructura cognitiva que sirven de anclaje para la nueva información reciben el nombre de subsumidores. En el aprendizaje significativo hay una interacción entre el nuevo conocimiento y el ya existente, en el cual ambos se modifican; esto es lo que Ausubel denomina principio de asimilación. Según él, el resultado de la interacción que se lleva a cabo en el aprendizaje significativo, entre el nuevo material que se va a aprender y la estructura cognitiva existente, es una asimilación de antiguos y

nuevos significados que contribuyen a la diferenciación de esa estructura. Esto significa que el principio de asimilación ocurre cuando hay una interacción entre el nuevo material que será aprendido y la estructura cognoscitiva existente originando una reorganización de los nuevos y antiguos significados para formar una estructura cognoscitiva diferenciada.



**Figura 1.** Principio de asimilación. Tomada de Moreira (2000, p. 24)

Tal como sugiere este esquema, no sólo la nueva información **a** se modifica, sino también el concepto subsumidor **A**. El producto de esta interacción no es sólo la del nuevo significado de **a**, sino que incluye además la modificación de la idea ancla y consecuentemente, el significado de **A'a'**. Esto significa que los subsumidores no desaparecen, simplemente se modifican y en la medida que los subsumidores sirvan de base para la nueva información, éstos van adquiriendo nuevos significados, tornándose más diferenciados (Moreira, 1997).

En el aprendizaje significativo, el nuevo conocimiento no es internalizado de manera literal porque cuando pasa a tener significado para el aprendiz, entra en escena el componente idiosincrásico de la significación. Aprender significativamente implica atribuir significados y éstos siempre tienen componentes personales; el aprendizaje sin atribución de significados personales, sin relación con el conocimiento preexistente, es mecánico, no significativo (*Ibíd.*).

Ahora bien, queda abierta una pregunta importante: ¿de dónde vienen los subsumidores? Cada individuo durante su desarrollo, adquiere significados

para símbolos; por ejemplo, un niño pequeño adquiere el significado de “gato” observando los perros, caballos, gatos y otros animales, pudiendo “abstraer” los atributos o criterios que lo hacen gato; de esta forma, el niño adquiere al concepto cultural de “gato”. Es así como las ideas o conceptos que tiene el aprendiz, que se derivan generalmente de experiencias, se convierten en los subsumidores que posteriormente servirían de anclaje para el nuevo conocimiento.

Ausubel introduce la reconciliación integrativa o integradora, que se refiere a una relación significativa que se establece cuando en la estructura cognitiva hay una reorganización de ideas. Las ideas ancla o subsumidores que tienen los estudiantes, tienen cierto grado de claridad, pero a medida que interactúan con el nuevo conocimiento, se van reorganizando; es decir, las ideas previas se relacionan con las nuevas, se organizan y se establece un concepto más abarcativo; favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad de los subsunsores preexistentes y consecuentemente de toda la estructura cognitiva.

La reconciliación integrativa y la diferenciación progresiva son dos procesos relacionados que se producen a medida que tiene lugar el aprendizaje significativo. Todo aprendizaje que resulte de de la reconciliación integrativa resultará también en una diferenciación progresiva adicional de conceptos y proposiciones; esto sugiere que en el aprendizaje hay una cierta jerarquía en las ideas. Ausubel afirma que la estructura cognitiva tiende a una organización jerárquica en relación al nivel de abstracción, generalidad e inclusividad de las ideas, y que, "la organización mental" ejemplifica una pirámide, donde las ideas más inclusivas se encuentran en el ápice (Ausubel *et al.*, 1993).

**5.1.1. Condiciones del Aprendizaje Significativo:** las condiciones necesarias para que suceda el proceso de aprendizaje significativo son:

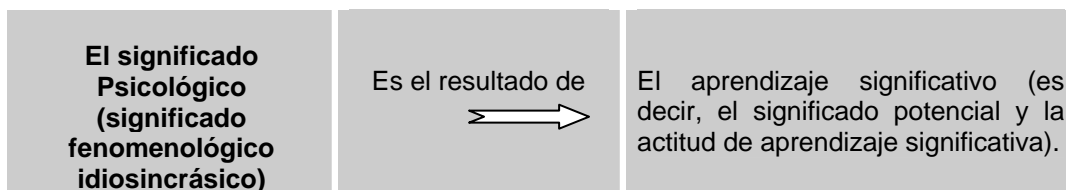
- a. El material debe ser *potencialmente significativo*:** esto significa que el material debe ser enlazable con la estructura cognitiva de manera no



arbitraria y no literal. Esto implica que el material tenga significado lógico y psicológico; es decir, el significado lógico se refiere a la disponibilidad de contenido desde la disciplina que se enseña, entonces, es necesario que el maestro tenga un buen dominio de los contenidos del área y de esta forma, organice adecuadamente al material a trabajar. El significado psicológico, se refiere a la relación del material lógicamente significativo y la estructura cognitiva del aprendiz; es decir, cómo interactúa el material potencialmente significativo con la estructura cognitiva del estudiante; de esta manera, el significado lógico debe convertirse en psicológico durante el aprendizaje significativo.

**b. Predisposición del estudiante para aprender:** esta condición se refiere a que independientemente de cuán significativo sea el material que se va a aprender, si el estudiante no está dispuesto a aprender de manera no arbitraria y no literal, ni el proceso ni el producto del aprendizaje será significativo.

<p><b>En el proceso de aprendizaje significativo (adquisición de significados)</b></p>	<p>Condiciones necesarias</p> <p>⇒</p>	<p>1. Un material potencialmente significativo. 2. Una actitud de aprendizaje significativo.</p>
<p><b>Grado de significado potencial</b></p>	<p>Depende</p> <p>⇒</p>	<p><b>a)</b> De la naturaleza del material de instrucción. Se denomina grado de significado lógico y hace referencia al hecho de que el material debe ser suficientemente no arbitrario; es decir, no aleatorio, plausible y razonable para que se pueda enlazar de manera no arbitraria y no literal con las ideas correspondientes pertinentes que se encuentran en el ámbito de la capacidad de aprendizaje del ser humano.</p> <p><b>b)</b> De la estructura cognitiva humana. La disponibilidad de las ideas pertinentes en la estructura cognitiva humana.</p>



**Figura 2.** Condiciones de aprendizaje significativo. Significado lógico y psicológico. Tomada de Caballero (2003, p. 144)

Esta tabla presenta las relaciones entre aprendizaje significativo, grado de significado potencial, grado de significado lógico y significado psicológico que se reflejan en las condiciones de aprendizaje.

Ausubel (2002, p.129) demuestra la evidente función del desarrollo cognitivo en el proceso del aprendizaje significativo y que la estructura humana, organizada jerárquicamente, actúa como matriz para la adquisición de nuevos significados. La capacidad distintiva del ser humano para el aprendizaje verbal significativo depende de capacidades cognitivas como representación simbólica, la abstracción, la categorización y la generalización (Caballero, 2003, p. 143).

**5.1.2. Tipos de aprendizaje significativo:** Ausubel distingue tres tipos o niveles de aprendizaje significativo, los cuales son importantes a la hora de establecer qué tan significativo alcanza a ser un aprendizaje:

**5.1.2.1. Aprendizaje representacional:** es el más básico y del cual dependen los demás; supone la adquisición de significados para símbolos establecidos culturalmente a partir de un referente. Después de todo, las palabras solas de cualquier idioma son símbolos convencionales o socialmente compartidos, cada uno de los cuales representa un objeto, situación, concepto u otro símbolo unitario de los dominios físico, social e ideativo (Ausubel *et al.*, 1993, p.53).

Lo que un símbolo significa es primero algo completamente desconocido para alguien, y debe existir un proceso de aprendizaje que le permita hacer representaciones acerca de ese símbolo. Al mismo tiempo, las palabras nuevas vienen a representar para quien aprende, ideas en relación con lo que está

conociendo; es decir, las palabras nuevas representan lo que los referentes (símbolos) o producen el mismo contenido cognoscitivo.

Un ejemplo ilustrado por Moreira (2000) puede aclarar este tipo de aprendizaje:

*“...el aprendizaje representacional de la palabra <<pelota>> se produce, para un niño pequeño, cuando el sonido de esa pelota (que es potencialmente significativo, pero todavía no posee significado para el niño) pasa a representar, o convertirse en equivalente, a una determinada pelota que el niño está percibiendo en aquel momento y, por tanto, significa la misma cosa que el objeto (pelota), en sí, significa para él. No se trata de una mera asociación entre el símbolo y el objeto, pues en la medida en que el aprendizaje sea significativo, el niño relaciona, de manera relativamente substantiva y no arbitraria, esta propuesta de equivalencia representacional a contenidos relevantes existentes en la estructura cognitiva.”*

En este nivel de aprendizaje se encuentran principalmente los niños pequeños que comienzan a descubrir el mundo, además de los niños en edad escolar que comienzan a interactuar con el conocimiento. Este tipo de aprendizaje es la base de los otros dos tipos de aprendizaje, el de conceptos y el de proposiciones.

**5.1.2.2. Aprendizaje de conceptos:** los conceptos son ideas unitarias generales o categóricas, representadas también por símbolos solos. Sin embargo, en los niños muy pequeños, las palabras individuales que generalmente se combinan en forma de oración, realmente representan conceptos y no objetos o situaciones (Ausubel, *et al.*, 1993, p.53), pues ya que están comenzando su proceso de aprendizaje, es difícil que construyan realmente proposiciones o conceptos. Los conceptos son adquiridos a través de dos procesos, formación y asimilación.

**5.1.2.2.1. Formación de conceptos:** es propia de los niños en edad preescolar, donde las características del concepto se adquieren espontánea e inductivamente, basadas en experiencias; es decir, se pone de manifiesto un tipo de aprendizaje por descubrimiento. Por ejemplo, un niño adquiere el significado de “pelota” a través de encuentros con su pelota y la de otros niños.

La formación de conceptos es un proceso prolongado y no ordenado que consiste esencialmente en abstraer las características comunes y esenciales de objetos o acontecimientos en diferentes contextos; que por lo general, son comparables. Los procesos psicológicos componentes que intervienen en la forma más avanzada de la formación de conceptos incluyen (*Ibíd.*, p. 97):

1. El análisis discriminativo de diferentes patrones de estímulo.
2. La formulación de hipótesis relativa a los elementos comunes abstraídos.
3. La comprobación de las hipótesis en situaciones específicas.
4. La designación selectiva de una de ellas y una categoría general o conjunto de atributos comunes, bajo los cuales pueden incluirse todas las variantes.
5. La relación de ese conjunto de atributos con las ideas pertinentes a la estructura cognitiva.
6. La diferenciación del concepto nuevo de los conceptos relacionados y previamente aprendidos.
7. La generalización de los atributos de criterio del concepto nuevo a todos los miembros de la clase.
8. La representación de nuevo contenido categorial por medio de un símbolo lingüístico que concuerde con el empleo convencional.

El proceso real de la formación de conceptos se facilita con que el niño adquiera la idea general de categorización. El desarrollo de esta noción está relacionado con la adquisición de la idea de que todo tiene un nombre. Ésta es una proyección de la conciencia de que: a) todos los significados que posean

aproximadamente la misma esencia perceptual tendrán el mismo nombre, y b) los significados con esencias perceptuales básicamente diferentes poseen nombres diferentes. La simple acción de “nombrar” constituye, por tanto, un tipo de formación de conceptos (*Op. cit.*).

**5.1.2.2.2 Asimilación de conceptos:** es la forma de aprendizaje de conceptos predominante en los adultos. Los atributos característicos de los nuevos conceptos se adquieren mediante el proceso de interacción con referentes relevantes disponibles en la estructura cognitiva humana (Caballero, 2003, p. 145). Esto significa que los educandos aprenden nuevos significados conceptuales cuando se les presentan los atributos de criterio de los conceptos y cuando éstos se relacionan con ideas pertinentes establecidas en sus estructuras cognoscitivas.

En los niños pequeños, el proceso de asimilación exige la influencia facilitadora de apoyos empírico-concretos. Aprender los nombres de los significados de los conceptos, por otra parte, involucra un proceso de aprendizaje de representaciones que sigue comúnmente a la asimilación de conceptos (Ausubel *et al.*, 1993, p. 92).

La asimilación de conceptos es una forma de aprendizaje significativo por recepción, pues las definiciones no son descubiertas por los aprendices, sino presentadas; pero como intervienen aún varias operaciones, no puede considerarse un proceso pasivo ni perceptual (*Ibíd.*).

Entonces el aprendizaje de conceptos por asimilación se produce a medida que el niño amplía su vocabulario, pues los atributos de criterio de los conceptos se pueden definir usando las combinaciones disponibles en la estructura cognitiva. Retomando el ejemplo de la pelota, el niño podrá distinguir colores y tamaños variados y afirmar que se trata de una "pelota" cuando vea otras en cualquier momento. Para facilitar la asimilación de conceptos, es necesario el uso de

conceptos relevantes ya existentes en la estructura cognitiva (adquiridos por el proceso de formación).

En resumen, posterior a la formación de conceptos sigue la asimilación de conceptos; el aprendiz utiliza los conceptos adquiridos por formación (que son descubiertos por ellos mismos) y luego los asimila; es decir, se relacionan ideas pertinentes y establecidas en la estructura cognitiva a través de la formación de conceptos, para posteriormente dar lugar a una reorganización de ideas de forma jerárquica.

**5.1.2.3. Aprendizaje proposicional:** en el aprendizaje significativo existe una progresividad; es decir, se evoluciona de un nivel de aprendizaje a otro para alcanzar el último nivel que es el de proposiciones.

El aprendizaje proposicional se refiere a palabras combinadas en una oración para construir una proposición que representa conceptos. Este tipo de aprendizaje va mucho más allá de la asimilación de conceptos, de lo que representan las palabras, combinadas o aisladas, puesto que exige captar el significado de las ideas expresadas en forma de proposiciones (Moreira, 2000).

En el caso de este tipo de aprendizaje, la idea no es aprender el significado de los conceptos, sino el significado de las palabras expresadas verbalmente, a través de esos conceptos, bajo la forma de una proposición. Evidentemente, para que se puedan aprender los significados de una proposición es preciso antes aprender los significados de sus términos componentes o lo que esos términos representan. Por lo tanto, el aprendizaje representacional es prerequisite para el aprendizaje proposicional.

En el verdadero aprendizaje de proposiciones verbales, uno aprende el significado de una nueva idea compuesta en el sentido de que: *a)* se genera la proposición combinando o relacionando unas con otras muchas palabras individuales, cada una de las cuales representa un referente unitario; y *b)* las

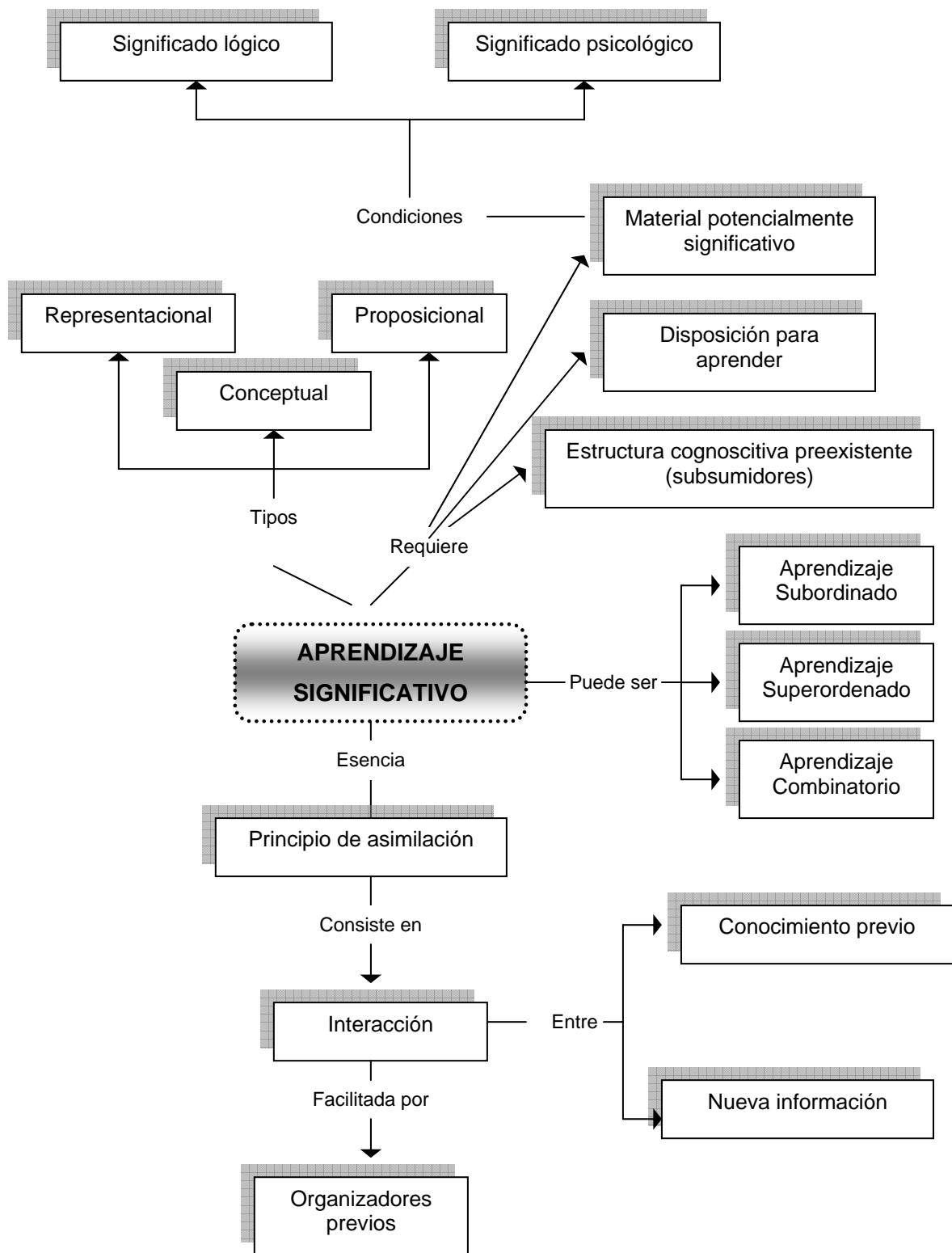
palabras individuales se combinan de tal manera (generalmente en forma de oración) que la idea resultante es la suma de los significados de las palabras compuestas individuales (Ausubel *et al.*, 1993, p. 53).

El aprendizaje de conceptos y el de proposiciones están estrechamente relacionados, pues el segundo depende del primero. Sin embargo, ambos tipos de aprendizaje significativo difieren en que en el *conceptual* los atributos criterios de un concepto nuevo se relacionan con la estructura cognitiva para producir un significado genérico nuevo pero unitario; mientras que en el *proposicional*, la proposición nueva o idea compuesta se relaciona con la estructura cognoscitiva para producir un nuevo significado compuesto (*Ibíd.*, p. 54). Esto significa que en el aprendizaje conceptual se aprende un concepto, mientras que en el proposicional se aprenden proposiciones haciendo uso de varios conceptos, mostrando así la apropiación de los conceptos necesarios para darle sentido a dicha proposición.

El siguiente mapa conceptual resume la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel. Se intentó dar un orden jerárquico a los conceptos clave de la teoría; sin embargo, la jerarquía resultante sólo expresa la percepción del autor y trata de dar coherencia y claridad al lector.

En la parte superior del concepto central (Aprendizaje Significativo) se encuentran los tipos de aprendizaje significativo y las condiciones para que se produzca el aprendizaje significativo. En la parte inferior están los demás conceptos subordinados al concepto central.

Se muestran las relaciones que existen entre los conceptos, en la medida que todos esos conceptos hacen parte de una misma teoría. En el mapa no se incluyeron algunos conceptos que hacen parte de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel para no hacerlo muy complejo.



**Figura 3.** Mapa conceptual sobre la Teoría del Aprendizaje significativo de Ausubel.



## 5.2. La actividad experimental y su rol en la actividad científica

La actividad experimental, hace mucho más que apoyar las clases teóricas de cualquier área del conocimiento; su papel es importante en el sentido que despierta y desarrolla la curiosidad de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas y a explicar algún fenómeno con mayor facilidad. Una clase teórica de ciencias, de la mano con la enseñanza experimental creativa y continua, logrará poner de manifiesto en los estudiantes algunas habilidades que la ciencia exige. Para ello, es necesario que los docentes estén capacitados para llevar a cabo prácticas de laboratorio, permitiendo que el estudiante logre un aprendizaje significativo.

La prioridad del concepto sobre el problema y del aula sobre el laboratorio se observa en multitud de aspectos de la práctica educativa. El orden de presentación, el tiempo dedicado, la valoración relativa que se concede en la evaluación a los aspectos procedimentales frente a los conceptuales son algunas pruebas del predominio general de lo teórico sobre lo práctico. Es más, lo práctico es visto muchas veces como mera aplicación, consecuencia o ilustración de lo teórico y, en este sentido, no importa tanto el orden secuencial de la acción escolar (comenzar planteando un problema o comenzar por los conceptos básicos) como el valor que se concede a cada uno de los términos. El orden de importancia entre lo teórico y lo práctico se evidencia ya en el orden en que suelen ser enunciados los distintos tipos de contenidos (conceptos, procedimientos y actitudes) (Izquierdo *et al.*, 1999).

Los maestros tienden a pensar que el trabajo en el laboratorio facilita siempre el aprendizaje de las ciencias y que los estudiantes entienden lo que hacen. Sin embargo, para la mayoría de los docentes estas prácticas son un tipo de receta que refuerza las clases que se han dado en el aula habitual. Lo importante de las prácticas de laboratorio, radica en que los maestros entiendan que éstas facilitan la comprensión de conceptos y que deben tener siempre un propósito claro, no sólo el de llevarlos a “experimentar”.

Actualmente, se le ha dado gran importancia a las prácticas experimentales en el currículo, debido a que éstas contribuyen al desarrollo cognitivo de los estudiantes, siempre y cuando los maestros tengan claro lo que pretenden. Por lo general, los maestros buscan con el trabajo de laboratorio sólo el aprendizaje de conceptos; a un segundo plano han pasado los procedimientos y las actitudes que dentro de la Didáctica de las Ciencias están casi al mismo nivel del aprendizaje de conceptos. No se puede evaluar a un estudiante sólo en términos del aprendizaje conceptual, existen otro tipo de habilidades que también pueden y deben ser evaluadas y esto a su vez, motiva a los estudiantes a aprender ciencias.

Por otra parte, las prácticas de laboratorio tienen muchas ventajas en la Enseñanza de las Ciencias: fomentan actitudes positivas hacia la ciencia; desarrollan habilidades manipulativas; suscitan el interés por aprender ciencias y facilitan la comprensión de conocimiento científico. Sin embargo, la responsabilidad de que esto no se cumpla a cabalidad, recae en los maestros, pues son éstos los que deben buscar los métodos necesarios para que se cumplan los objetivos de las prácticas de laboratorio.

El argumento a favor del trabajo práctico radica en que de alguna manera aumenta la reflexión y la crítica en los estudiantes. La Enseñanza de las Ciencias, propende porque los estudiantes estén en contacto con el mundo físico y lo manipulen; por esta razón, el primer paso que deben dar los maestros de ciencias es la familiarización con ese mundo.

Desde todo punto de vista, el trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje de las ciencias ya que, le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad. Además, el estudiante pone en juego sus conocimientos previos y los verifica mediante las prácticas. La actividad experimental no sólo debe ser vista como una herramienta de conocimiento, sino, como un instrumento que promueve los objetivos conceptuales,

procedimentales y actitudinales que debe incluir cualquier dispositivo pedagógico (Osorio, 2004).

El trabajo de laboratorio ha sido subestimado en la Enseñanza de las Ciencias, debido a que varias investigaciones han demostrado que no siempre resulta tan valioso para el aprendizaje. Sin embargo, para muchos, la educación científica queda incompleta sin haber obtenido alguna experiencia en el laboratorio.

Desde el punto de vista del constructivismo, la actividad experimental cumple un papel importante dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, pues permite que las ideas previas de los estudiantes evolucionen a conceptos más elaborados y cercanos a los científicos. No obstante, las ideas iniciales de los aprendices pueden persistir aún cuando se ha llegado a un nivel más abstracto de conocimiento.

Para que las prácticas experimentales adquieran un papel relevante dentro de la Enseñanza de las Ciencias, es necesario llegar a un consenso en cuanto a los objetivos de las prácticas, pues mientras unos maestros usan las prácticas como herramienta de motivación, otros las utilizan para desarrollar en los estudiantes, actitudes positivas hacia la ciencia. Para los estudiantes, las prácticas tienen el fin de ponerse en contacto con el mundo natural, objetivo muy ignorado por los maestros. Por esta razón, la actividad experimental debe ser reevaluada desde el currículo para que tenga un sentido más amplio y claro.

El uso del laboratorio no tiene un objetivo general y definido, y es precisamente eso lo que le falta a las prácticas experimentales para que adquieran sentido y significado para los estudiantes y, de esta forma promover el aprendizaje significativo. No obstante, cada docente es quien define el fin de las prácticas y el momento en el proceso de enseñanza en el cual se implementa.

Hodson (1996) propone que las prácticas experimentales vayan de la mano con los trabajos de campo, especialmente en el área de biología y sugiere que estos trabajos deben tener tres objetivos primordiales: *aprender ciencias, aprender sobre la ciencia y hacer ciencia*. La contribución a estos tres temas del trabajo de campo puede ser importante. Por ejemplo, el aprendizaje de conceptos tales como la sucesión resulta más positivo con pruebas de primera mano y experiencia en el terreno. Análogamente, hay aspectos del aprendizaje sobre la ciencia, como las complejas interacciones entre la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, que pueden estudiarse mediante cuestionarios, a través de entrevistas y encuestas públicas sobre la construcción de carreteras/urbanizaciones/renovación urbana, o investigando directamente qué organismos se encuentran en tales lugares y cómo pueden resultar afectados. Sin embargo, el trabajo de campo en las ciencias biológicas posiblemente cobra su mayor significado en relación con el tercer tema de Hodson: *hacer ciencia*. El trabajo en el laboratorio consiste por lo general en manipular variables únicas mientras que otras variables se mantienen constantes o bajo control. Por contraste, el trabajo de campo enfoca la totalidad de variables implicadas en las interrelaciones de los seres vivos y su entorno. Este tipo de situaciones brindan un enfoque auténticamente abierto del trabajo práctico, donde tanto profesores como estudiantes desconocen las respuestas por igual. Abundan las oportunidades para desarrollar un enfoque de resolución de problemas, donde individuos o pequeños grupos emprenden un tema diferente en una pequeña zona geográficamente delimitada (Lock, 1998).

En los últimos años se han escrito diversas críticas a las prácticas escolares y en las cuales se proponen innovaciones tanto en lo metodológico como en lo conceptual. Lo que parece más problemático es la idoneidad de las prácticas para el aprendizaje de *conceptos teóricos*, mientras que no se duda de su utilidad para el aprendizaje de los *procedimientos científicos*. Además, se reconoce que las prácticas escolares responden a finalidades diversas: familiarizarse con algunos fenómenos, contrastar hipótesis e investigar. También se ha recalcado en implementar los tipos de prácticas, según tres

objetivos principales: aprender ciencias, aprender qué es la ciencia y aprender a hacer ciencia. Sin embargo, se critica el hecho de que los maestros tratan de enseñar la ciencia de los científicos y no tratan de contextualizar la ciencia al aula de clase (Izquierdo *et al.*, 1999).

Es sabido ya, que el constructivismo tiene en cuenta las ideas previas de los estudiantes; por esta razón, es necesario que a la hora de implementar una actividad en el laboratorio se indague por estas cuestiones para que se logre una relación entre lo que el estudiante sabe, lo que debe saber y la experiencia, para que se logre un aprendizaje significativo. Sin embargo, esto no se aplica en el aula y mucho menos en las prácticas de laboratorio, ya que, los maestros desconocen las metodologías adecuadas para enlazar la teoría y la práctica. Además de todo esto, existen impedimentos inherentes a la falta de conocimiento del maestro; por ejemplo, no hay disponibilidad de espacios adecuados, no hay instrumentos con los cuales se pueda trabajar, no hay un mantenimiento apropiado de los laboratorios, etc., esto sin contar con el temor que sienten los maestros de implementar prácticas experimentales cuando si se tiene lo necesario.

<b>Postura conductista</b>	<b>Postura constructivista</b>
Confirmar algo ya visto en una lección de tipo expositivo.	El profesor debe actuar como guía, facilitando el proceso de aprendizaje.
Las prácticas son el único criterio de validez del conocimiento científico y la prueba definitiva de las hipótesis y teorías.	La experiencia tiene un rol importante, pero por sí sola no puede rechazar o verificar las hipótesis. Entre la teoría y el experimento no se establecen jerarquías.
Exigir que los estudiantes sigan una receta para llegar a una conclusión predeterminada.	El profesor debe informarse sobre las ideas previas, habilidades y dificultades que tienen los estudiantes.
Percibir el laboratorio como el lugar donde se hacen cosas pero no se comunica a	El profesor debe centrar su atención en aspectos sociales del aprendizaje

los estudiantes el significado de lo que se hace.	(entender la ciencia como una construcción social).
Proceder ciegamente a tomar apuntes o a manipular aparatos sin tener un propósito claro.	Elección de experiencias científicas apropiadas para el aula

**Figura 4.** *Concepción de las prácticas experimentales.*

Las prácticas experimentales se han visto de forma muy conductista, no se ha tomado en cuenta su papel preponderante en el constructivismo. A continuación se muestran las concepciones de las prácticas de laboratorio desde ambos enfoques.

La mayoría de los docentes no consideran la actividad experimental como una cuestión importante a la hora de enseñar ciencias y, a pesar de ello se consideran constructivistas; cuando el constructivismo privilegia el trabajo en el laboratorio, por ser una herramienta primordial que posibilita realizar conexiones entre los fenómenos de la naturaleza y la experiencia de los educandos.

Una opción para implementar la actividad experimental en la clase de ciencias es convertirla en investigación; Pérez y Valdés (1996) reorientan las prácticas experimentales a la investigación, a partir de un estudio realizado en el área de física (caída de los cuerpos). Las prácticas de laboratorio que pretenden aproximarse a investigaciones, deben integrar muchos aspectos de la vida escolar como:

- Presentar situaciones problemas
- Favorecer la reflexión
- Potenciar el análisis
- Plantear hipótesis
- Conceder importancia a la planificación de las actividades
- Considerar posibles perspectivas

- Trabajo colectivo

La actividad experimental vista como investigación evita que las prácticas se conviertan en simples algoritmos o pasos que el estudiante debe seguir, pues la intención no es ésta, sino al contrario, permitir que el estudiante introduzca otras variables al experimento para contrastar hipótesis y llegar a mayores niveles de complejidad –de pensamiento- visualizando el fenómeno y llegando a conclusiones o a formar conceptos cercanos a los científicos

Por otra parte, el experimento brinda a los estudiantes la posibilidad de entender como se construye el conocimiento dentro de una comunidad científica; es decir, que éste favorece al estudiante en su visión sobre la ciencia. De esta forma, ellos pueden entender que acceder a la ciencia no es un imposible y además, que la ciencia no es infalible y que depende de otros factores o intereses (sociales, políticos, económicos y culturales) (Hodson, 1994).

Lo fundamental en las ciencias son las teorías y éstas se obtienen a partir de una conexión entre el modelo teórico y el dominio de los fenómenos. Para poder enseñar teorías es imprescindible disponer de un “*mundo*” apropiado e intervenir en él de forma consciente y reflexiva. Esto es lo difícil de enseñar ciencias, se necesitan de las prácticas experimentales para no confundir la teoría con modelos teóricos (Izquierdo, *et al.*, 1999).

Desde el punto de vista del aprendizaje significativo, la actividad experimental es apoyada porque propicia la formación de conceptos; es decir, favorece principalmente el tipo de aprendizaje conceptual. Ausubel *et al.*, (1993, p.91) establece:

*“La mayor parte de nuestra información sobre la naturaleza de la formación de conceptos, tanto en niños muy pequeños como en individuos de edad escolar y en adelante, procede de situaciones de tipo de laboratorio en que las tareas de aprendizaje exigen la identificación inductiva de los atributos de criterio*

*comunes de una clase de estímulos, pertenecientes a un gran sistema de ejemplos que varían con respecto a los atributos de criterio y otros no referentes a éste.”*

### **5.3. La simulación computacional en la Enseñanza de las Ciencias**

Las simulaciones son herramientas computacionales de análisis, que permiten sacar conclusiones del fenómeno simulado sin necesidad de trabajar directamente con el *sistema real* que se está simulando.

La incorporación de simulaciones computacionales a los procesos de enseñanza debe entenderse como un problema tecnológico y didáctico. Si bien son necesarios los equipos y las aplicaciones informáticas, también es importante el uso de estrategias para hacer útil la tecnología en el aprendizaje de conceptos y en el desarrollo de habilidades propias del trabajo científico (García y Gil, 2006, p. 309).

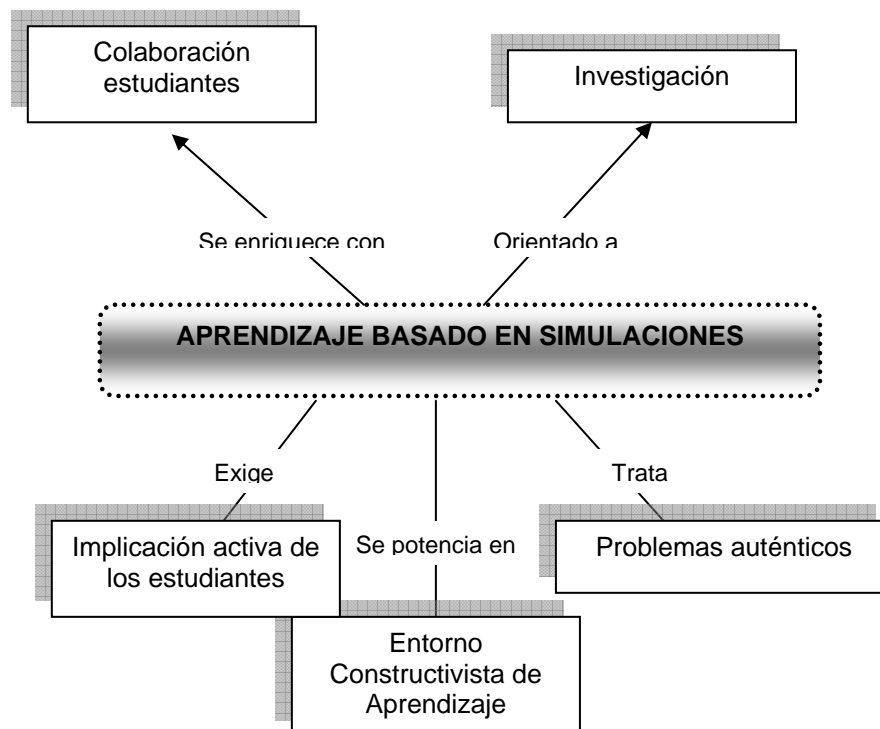
El diseño de un tipo de educación con características que implementen lo tecnológico al aula, debe tener en cuenta aportaciones de diferentes campos: teorías generales del aprendizaje, teorías del diseño de la instrucción, investigaciones en la Didáctica de las Ciencias, investigaciones en entornos educativos multimedia, investigaciones sobre espacios colaborativos de aprendizaje, etc. De su análisis pueden deducirse una serie de directrices que, desde nuestro punto de vista, han de orientar el diseño de entornos de aprendizaje basados en simulaciones informáticas (*Ibíd.*):

- a.** Las simulaciones deben ser usadas para promover un aprendizaje basado en la investigación de los estudiantes.
- b.** En un proceso de enseñanza/aprendizaje apoyado en simulaciones los alumnos tienen que jugar un papel activo.
- c.** La actividad investigadora de los estudiantes se potencia en un ambiente colaborativo.



- d. El diseño de las actividades basadas en simulaciones debe tener en cuenta su carácter multimedia.
- e. El uso de simulaciones debe ser coherente con un planteamiento constructivista del proceso de enseñanza/aprendizaje.
- f. Las simulaciones informáticas basadas en *applets* permiten construir entornos de aprendizaje constructivista.

Jonassen (2000, citado por García y Gil, 2006), propone usar lo que él denomina entornos de aprendizaje constructivista para diseñar la instrucción educativa. En estos entornos el proceso educativo se articula en torno al tratamiento de cuestiones, proyectos, problemas o ejemplos de interés para los alumnos que, debido a su insuficiente estructuración, generan un proceso investigador en el que las aplicaciones informáticas son utilizadas de formas diversas (acceso a información, herramientas cognitivas y de comunicación, etc.). Estos entornos deben orientarse al tratamiento del problema a tres niveles: contextualización, representación y manipulación.



**Figura 5.** Implicaciones de un aprendizaje basado en simulaciones. Tomada de García y Gil (2006, p. 314).

Varias investigaciones han demostrado que la simulación favorece la comprensión de muchos fenómenos con los cuales los estudiantes, bajo condiciones reales, no podrían trabajar. Además, ofrece a los educandos la posibilidad de interactuar, manipular, explorar y descubrir, estableciendo conexiones con el contexto real. Sin embargo, también se han encontrado limitaciones en relación al uso de las simulaciones en la Enseñanza de las Ciencias y es tal vez, la restricción más sobresaliente, el hecho que muchas simulaciones no han sido elaboradas con fines educativos, sino que provienen de la industria. También se destaca el hecho de que las simulaciones no favorecen el aprendizaje, sino que permiten el desarrollo de aptitudes a quienes las elaboran. La inclusión de las simulaciones computacionales a la enseñanza, puede generar algunos inconvenientes, tanto tecnológicos como pedagógicos. El hecho de incorporar material que posibilite un aprendizaje óptimo, no implica dejar de lado la búsqueda de una estrategia de enseñanza-aprendizaje; las herramientas computacionales deben ir de la mano con las actividades propias del aula. Para implementar las simulaciones informáticas, se necesitan maestros que tengan conocimientos científicos, tecnológicos y pedagógicos.

Para que las simulaciones computacionales, constituyan un elemento de enseñanza-aprendizaje, se requiere que los estudiantes jueguen un papel activo, pues no tiene sentido que sólo se simule un fenómeno y no exista interacción con éste. Cuando los aprendices interactúan, puede darse un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes, ya que les permite pensar en posibles vías en la cuales se puede desarrollar el fenómeno.

La simulación computacional no mejora necesariamente las habilidades asociadas a la investigación científica, ni tampoco la resolución de problemas; sin embargo, no se ha demostrado de qué forma interfieren en el aprendizaje. Para que las simulaciones sean eficaces en el proceso de aprendizaje, los maestros deben tener en cuenta aspectos como: qué dificultades presentan los estudiantes, tanto en lo metodológico como en lo disciplinar; en qué momento

del proceso de enseñanza se implementa y por último, que las simulaciones puedan ser comprendidas por parte de los estudiantes; es decir, que puedan ser interpretadas (García y Gil, 2006). Además, para construir una simulación debe existir un modelo que le de significado, por ejemplo, cuando se trabaja con un fenómeno dado en la naturaleza, éste se simula en una computadora, pero es algo que ya está fundamentado desde una disciplina que le confiere importancia y sentido.

Pese a todas las críticas, las simulaciones computacionales han resultado una herramienta excelente en los cursos de física clásica, pues propician y favorecen el aprendizaje. Esto puede lograrse si los docentes tienen la capacidad de diseñar e implementar las simulaciones de forma crítica y haciendo uso de estrategias de evaluación que les permita valorar el aprendizaje.

Los materiales didácticos elaborados por los profesores con ayuda de las herramientas computacionales, pueden ser utilizados de muchas formas durante el proceso de enseñanza- aprendizaje en el aula de clase. El papel más relevante que se le han conferido a las herramientas informáticas, en especial a las simulaciones, ha sido el de la actividad experimental, primordialmente en el área de la física (Pontes, 2005).

Hodson (1994) apoya la actividad experimental mediada por el uso del computador, pues facilita control, ahorra tiempo y dinero. Además, existen prácticas muy difíciles de entender, y el uso de simulaciones permite visualizar mejor el fenómeno a estudiar; esto sin mencionar la inmensa ventaja que conlleva para el aprendizaje, pues el profesor puede adaptar las simulaciones a los objetivos de enseñanza- aprendizaje. Sin embargo, en determinados contextos los docentes evitan tal planteamiento – no olvidemos que se trata de incorporar elementos multimedia interactivos a lo que habitualmente es un discurso oral-, pues los maestros no están capacitados para usarlos como parte de estrategias más elaboradas y eficaces.

La simulación computacional se ha convertido en una posibilidad de mejorar la calidad de la enseñanza, especialmente en lo que concierne a las prácticas de laboratorio que, en ocasiones no se pueden realizar de forma real por todo los peligros que ello conlleva (temores, accidentes, etc.); es decir, la simulación permite de alguna forma el acceso a la experimentación, que es en lo que comúnmente se han utilizado.

#### **5.4. El proceso de la respiración**

Las células heterótrofas obtienen energía de la oxidación de los compuestos que contienen carbono. Este proceso libera dióxido de carbono y, para máximos rendimientos energéticos, requiere oxígeno. La respiración -o ventilación- es el medio por el cual un animal obtiene oxígeno para la respiración que ocurre en sus células y se libera del dióxido de carbono (Curtis, 2000).

Tanto el agua como el aire contienen oxígeno. El oxígeno entra a las células y a los tejidos corporales por difusión, moviéndose desde regiones donde su presión parcial es alta a regiones donde su presión parcial es baja. Sin embargo, el movimiento de oxígeno por difusión es eficiente sólo cuando hay un área superficial relativamente grande expuesta a la fuente de oxígeno y cuando la distancia por la cual el oxígeno debe difundirse es corta (*Ibíd.*).

La respiración es un proceso que realizan todos los seres vivos; pero existen mecanismo diferentes para los organismos; sin embargo, el proceso que más interesa a profundidad para esta investigación es el pulmonar, fenómeno a través del cual respiran algunos animales, incluyendo el hombre.

**5.4.1. Intercambio de gases mediante difusión:** la gran mayoría de los sistemas respiratorios de los animales han evolucionado y trabajan conjuntamente con el sistema circulatorio para realizar el intercambio gaseoso entre las células y el medio. La difusión es el mecanismo por el cual las

moléculas se mueven de un lugar de alta concentración a uno de baja concentración. En general, el intercambio gaseoso en los sistemas respiratorios se lleva a cabo en las siguientes etapas (Audesirk, 1996, p. 606):

1. El aire o el agua que contiene oxígeno pasa a través de una superficie respiratoria mediante flujo masivo, con frecuencia facilitado por los movimientos respiratorios.
2. El oxígeno y el bióxido de carbono se intercambian a través de la superficie respiratoria mediante la difusión. La difusión a través de las membranas respiratorias llevan el oxígeno hacia el interior de los capilares del sistema respiratorio y toma o elimina el dióxido de carbono.
3. Los gases son transportados entre el sistema respiratorio y los tejidos a través del flujo masivo de sangre y son bombeados por el cuerpo mediante la acción del corazón.
4. Los gases se intercambian entre los tejidos y el sistema circulatorio mediante la difusión. En los tejidos, el oxígeno se difunde fuera de los capilares y el dióxido de carbono se difunde hacia adentro, de acuerdo con sus gradientes de concentraciones.

La respiración se lleva a cabo en dos etapas: la inhalación y la exhalación. Durante la primera, la cavidad torácica se expande. Para lograrlo el diafragma se contrae, lo que produce su descenso. Cuando la cavidad torácica se expande, los pulmones se expanden también debido a que hay un vacío que los sostiene contra la pared interna del tórax. Mientras los pulmones se expanden, su volumen aumentado crea un vacío parcial que introduce aire dentro de los pulmones. Durante la exhalación, los músculos que producen la inhalación se relajan. El diafragma se encuentra relajado hacia arriba y las costillas se muevan hacia abajo y adentro, disminuyendo el tamaño de la cavidad torácica y obligando al aire a salir de los pulmones (*Ibíd.*, p. 613).

**5.4.2. Respiración pulmonar:** el sistema respiratorio de los seres humanos y otros vertebrados consta de una parte conductora y una de intercambio gaseoso. El aire pasa primero por la parte conductora que la conforman la nariz, boca, faringe, laringe, tráquea, bronquios y bronquiolos y llega a la parte de intercambio de gases, compuesta por los alvéolos. Conforme la sangre fluye por los capilares que rodean los alvéolos, el dióxido de carbono se intercambia por oxígeno.

- **Órganos del sistema respiratorio:** el cuerpo funciona mediante órganos y sistemas de órganos; es decir, que los sistemas se componen de varios órganos que trabajan juntos para llevar a cabo una función. El sistema respiratorio del hombre y de algunos vertebrados consta de los siguientes órganos:
  1. **Tráquea:** tubo rígido pero flexible sostenido por anillos de cartílago, que conduce el aire entre la laringe y los bronquios.
  2. **Pulmón:** órgano respiratorio que consiste en cámaras inflables dentro de la cavidad torácica, y en donde se da lugar el intercambio gaseoso.
  3. **Alvéolo:** pequeño saco de aire en el que se realiza el intercambio de gases entre la sangre y el aire respirado.
  4. **Nariz:** el aire entra y sale principalmente por la cavidad nasal.
  5. **Boca:** permite la entrada y salida del aire, cuando no es posible por la nariz.
  6. **Bronquio:** estructura tubular que conduce el aire desde la tráquea hasta el pulmón.

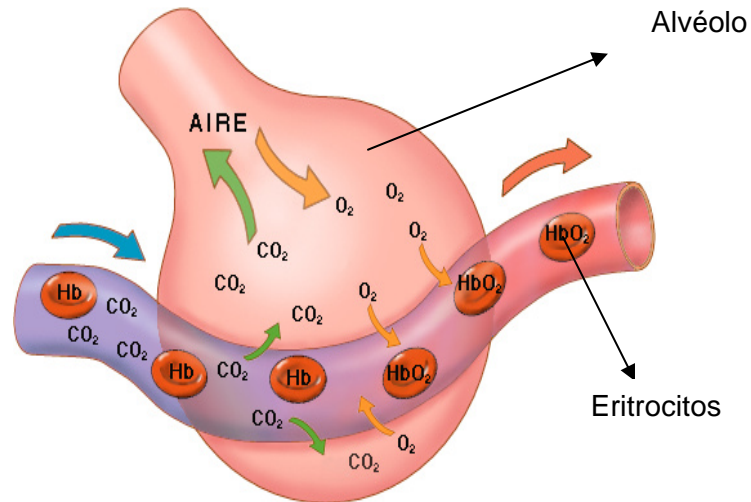
7. **Bronquiolo:** tubo angosto formado por ramificaciones repetidas de los bronquios, que conduce el aire hasta los pulmones.
  
8. **Diafragma:** músculo extenso que separa la cavidad torácica de la abdominal. La respiración está asistida por la contracción y distensión de éste. Durante la inspiración se contrae y al estirarse aumenta la capacidad del tórax; entonces, el aire tiende a entrar en los pulmones para compensar el vacío creado. Cuando se relaja, el aire se expulsa. Además, al contraerse ejerce presión sobre el abdomen, y de esta manera ayuda al estómago a realizar la digestión.

La respiración es un proceso que se lleva a cabo inconscientemente, de forma rítmica y automática; sin embargo, a diferencia del corazón, los músculos utilizados para la respiración no se activan por sí mismos; cada contracción es estimulada por impulsos nerviosos. Las neuronas en el centro respiratorio generan impulsos que ocasionan la contracción y relajación alternante de los músculos respiratorios y el bulbo raquídeo contiene neuronas receptoras que monitorean la concentración de bióxido de carbono en la sangre (Audesirk, 1996, p. 616).

Cada pulmón contiene aproximadamente de 1.5 a 2.5 millones de alvéolos, que son estructuras pequeñas que se unen al final de cada bronquiolo. Las paredes alveolares son tan delgadas que proporcionan una superficie para la difusión. Debido a que tanto la pared alveolar como las paredes capilares tienen sólo una célula de grosor, el aire está muy cerca de la sangre contenida en los capilares. Las células pulmonares se conservan húmedas debido a que están rodeadas por una delgada capa que limita cada alvéolo. Los gases se diluyen en esta agua y se difunden a través de la membrana (*Ibíd.*, p. 611).

Los gases se intercambian por difusión entre la sangre y el aire de los pulmones; conforme la sangre fluye por los capilares, el bióxido de carbono se intercambia por oxígeno. En la sangre, el oxígeno se enlaza con la

hemoglobina situada en los eritrocitos. Cada molécula de hemoglobina se puede enlazar a cuatro moléculas de oxígeno (*Op. cit.*).



**Figura 6.** Intercambio de gases en el alvéolo por difusión.

Cuando la sangre está oxigenada llega a todos los tejidos y el dióxido de carbono, que ha producido las células se difunde hacia la sangre. Ahora la sangre pobre en oxígeno es bombeada por el corazón hacia los pulmones después que ésta ha circulado por los tejidos corporales. De esta forma, el dióxido de carbono entra al alvéolo y el oxígeno entra a la sangre y comienza nuevamente el recorrido; de esta forma se va dando el proceso de la respiración.

**5.4.3. Respiración branquial:** las branquias son las estructuras respiratorias de muchos animales acuáticos. En general, las branquias son numerosas o muy ramificadas, maximizando así su área. En algunos animales, el tamaño de las branquias lo determina la disponibilidad de oxígeno en el agua que las rodea. Las branquias tienen una densa cantidad de capilares justo por debajo de su delicada membrana externa. Esto hace que la sangre llegue cerca de la superficie en donde se lleva a cabo el intercambio de gases (*Ibíd.*, p. 607).



El mecanismo de respiración de los peces es algo complejo y difiere mucho al de aquellos animales que respiran por medio de pulmones. Las branquias de los peces utilizan el flujo a contracorriente, un mecanismo muy eficaz para tomar la máxima cantidad de oxígeno del agua que fluye sobre ellas. Durante el flujo a contracorriente, dos tipos de fluidos (en este caso agua y sangre), en concentraciones distintas de una o más sustancias disueltas, circulan en direcciones opuestas. Estos fluidos están separados por membranas delgadas. El flujo a contracorriente promueve la difusión de una sustancia (como el oxígeno) hacia su gradiente de concentración, de un líquido (agua) al otro (sangre) (*Op. cit.*, p. 608).

**5.4.4. Respiración traqueal:** el exoesqueleto de los artrópodos terrestres ayuda a conservar el agua corporal, pero elimina a la piel como una superficie respiratoria. Las arañas y los escorpiones por ejemplo, contienen una serie de membranas húmedas con forma de páginas de libro dentro de una cámara del exoesqueleto, lo que a su vez da forma a una estructura llamada pulmón de libro.

Los insectos utilizan un sistema de tubos muy ramificados llamados tráqueas, que conducen el aire directamente a las células corporales. Las tráqueas se subdividen en canales cada vez más pequeños que penetran en los tejidos corporales, transportando aire por todo el cuerpo, proporcionando el oxígeno y eliminando el dióxido de carbono. El aire entra hacia las tráqueas por unos pequeños orificios, que reciben el nombre de espiráculos, situados a lo largo de cada lado del abdomen (*Ibíd.*, p. 607).

**5.4.5. Respiración cutánea:** es el mecanismo de respiración más sencillo; los gases se intercambian a través de la parte externa y húmeda del cuerpo.

Algunos animales que viven en medios húmedos son capaces de intercambiar gases de manera adecuada sin sistemas respiratorios especializados. El tamaño y la forma de sus cuerpos permiten la difusión adecuada para el

intercambio gaseoso. Si el cuerpo es muy pequeño y alargado, como en el caso de los gusanos nemátodos microscópicos, por ejemplo, los gases necesitan difundirse sólo a una pequeña distancia para llegar a todas las partes del cuerpo. En los gusanos planos, la mayor parte de las células está cerca de la piel húmeda a través de la cual se pueden difundir los gases (*Op. cit.*).

Las ranas y las salamandras emplean su piel húmeda como una superficie respiratoria adicional. Las escamas de los reptiles disminuyen la pérdida de agua a través de la piel y permiten que los reptiles sobrevivan en medios secos. Pero las escamas también disminuyen la difusión de gases a través de la piel.

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico permite establecer un rumbo, orienta el proceso de la investigación. Aquí se identifican aspectos como el tipo de investigación, los actores sociales y las técnicas e instrumentos para la recolección de la información que apuntan al alcance de los objetivos.

### 6.1. Metodología de Investigación

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo, se lleva a cabo un estudio de caso, como metodología de investigación que se inserta en el paradigma cualitativo. Éste permite reflexiones descriptivas e interpretativas, abarcando al o a los individuos como un todo flexible y personal; dando espacio para profundizar en características específicas. El estudio de caso, consiste en una descripción y análisis detallado de unidades sociales o entidades educativas únicas; la característica que más distingue el estudio de caso es la creencia de que los sistemas humanos desarrollan una completud e integración; es decir, no se trata de un conjunto de partes, sino de un todo (Sturman, 1988, p. 61, citado por Moreira, 2002, p. 32).

Serrano (1998, citado por Moreira, 2002, p. 34) destaca las características esenciales de los estudios de caso:

- *Particularización*: se centran en una situación o fenómeno en particular.
- *Descripción*: al final del proceso se encuentran descripciones ricas acerca del objeto de estudio.
- *Heurística*: permiten la comprensión del objeto de estudio.
- *Inducción*: los conceptos e hipótesis surgen de un análisis de los datos fundados en el mismo contexto; es decir, su razonamiento es inductivo.

Por otro lado, André (citado por Moreira, 2002, p. 35) caracteriza el estudio de casos, argumentando que su preocupación central es la comprensión de una

instancia singular, lo que significa que el objeto de estudio es único; es una representación de la realidad.

Para lograr mayor comprensión de los fenómenos, se realiza un estudio de casos interpretativo, dado que permite una mirada completa de los problemas educativos y de las relaciones sociales que se pueden establecer entre individuos que comparten una realidad social. De acuerdo con Serrano (1998, citado por Moreira, 2002, p. 34), los estudios de caso interpretativos contienen descripciones ricas y densas, en las cuales a partir de los datos obtenidos, se desarrollan categorías o se defienden hipótesis formuladas antes de la investigación.

El estudio de caso interpretativo toma en cuenta el punto de vista de las personas, sus interpretaciones, sus motivaciones y los fines de su comportamiento, tal y como son percibidas por ellas mismas. Se indaga cómo los sujetos construyen y reconstruyen la realidad social en interacción con otras personas (Castellanos, 1998).

La interpretación es importante porque refleja el objeto primordial del estudio, que son los significados que los sujetos tiene sobre el objeto de estudio y las interpretaciones que realiza el investigador (*Ibíd.*). Además, se busca información que representa las concepciones de las personas, que son difícilmente manejables a través de técnicas estadísticas.

**6.2. Duración de la investigación:** la investigación se desarrolló aproximadamente en un período de tiempo de 18 meses, desde la etapa del planteamiento del problema, hasta la elaboración del informe final.

A continuación se muestra el cronograma de actividades que precisa el tiempo utilizado para cada actividad y que orienta el proceso de la investigación:

Actividades	Duración del estudio en meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rastreo bibliográfico	◆—————◆																	
Selección del problema y elección de la muestra	◆—————◆																	
Indagación de ideas previas e introducción de organizadores previos						◆—————◆												
Diseño y aplicación de actividades de intervención						◆—————◆												
Recolección de datos						◆—————◆												
Análisis de resultados y elaboración del informe													◆—————◆					

**Tabla 1.** Cronograma de actividades

### **6.3. Descripción de la población (muestra)**

La población seleccionada para la investigación, son estudiantes pertenecientes a la Institución Educativa Kennedy, una institución de carácter público, ubicada en la comuna siete, al noroccidente de la ciudad de Medellín. Son estudiantes del grado sexto, entre los 11 y 15 años de edad. Se eligió este grado, teniendo en cuenta los lineamientos curriculares del área de Ciencias Naturales, en el cual los sistemas del cuerpo humano, pueden ser abordados.

En la etapa de indagación de ideas previas, se elaboraron dos cuestionarios, trabajados con 35 estudiantes del grado sexto; sin embargo, este número de estudiantes no se asumió como la muestra con la que se trabajó posteriormente en la etapa de aplicación de las actividades con el material potencialmente significativo.

La **muestra** seleccionada para la ejecución de la investigación está constituida por 9 estudiantes, para cuya elección no se tuvo en cuenta ningún criterio. De esta forma, se logra que el grupo sea una muestra natural, sin atender a juicios como el rendimiento académico o la disciplina. Esto permite a su vez, una muestra heterogénea, que le confiere cierto grado de validez y credibilidad a la investigación.

### **6.4. Técnicas para recoger la información**

Aunque la observación y la entrevista suelen ser utilizados frecuentemente en el estudio de caso, se incluye cualquier técnica que el diseño de la investigación requiera; es decir, los instrumentos de recogida de datos son seleccionados a partir de las necesidades del trabajo (Hernández, 2007, p. 208).

Patton (1978, citado por Hernández, 2007) considera que los estudios de caso incluyen datos procedentes de la observación, las entrevistas, documentos, terceras personas y todos ellos en un seguimiento a lo largo del tiempo, con lo que llegará a almacenarse gran cantidad de información.

**6.4.1. La observación participante:** durante la observación, el investigador cualitativo en estudio de casos, registra bien los acontecimientos para ofrecer una descripción relativamente incuestionable para posteriores análisis y el informe final; es decir, es el momento en el cual el investigador hace descripciones intensas para analizar. Es así, como la atención se focaliza de manera intencional sobre aspectos importantes como comportamientos, opiniones, sentimientos y conocimientos frente al proceso de la respiración y las actividades que se implementarán.

En cada una de las actividades que se realizan, se lleva un registro de todo lo observado, que se tiene en cuenta a la hora de realizar el análisis. Esta estrategia se implementa en los espacios pedagógicos en los que se realizan todas las actividades propuestas para esta investigación, así como para todas las horas de clase ordinaria, con el fin de identificar las características de todos los estudiantes.

**6.4.2. Las entrevistas:** el objeto de las entrevistas estructuradas o no, es el de captar las representaciones de los participantes, de tal forma que puedan hacerse interpretaciones y corroborar lo que se ha dicho en los cuestionarios.

Es un encuentro cara a cara e individual para tratar de profundizar en cuestiones que quedan inconclusas o confusas en los instrumentos utilizados. Se trata de entrevistas semiestructuradas, no muy elaboradas previamente, sino más bien, una conversación fluida; esto con el fin de no hacer las mismas preguntas a los demás participantes.

**6.4.3. Diario de campo:** consiste en llevar un registro descriptivo y analítico sobre todas las actividades que se realizan en el aula, independientemente de ser las propuestas para la investigación o no, que permitan reflexiones desde lo cognitivo, lo pedagógico y lo didáctico. Éste permite retomar situaciones pasadas y confrontar datos obtenidos mediante otros instrumentos.

**6.4.4. Registros técnicos:** las grabaciones de video y audio y las fotografías, constituyen todos los instrumentos técnicos que permiten reflejar la realidad observada. Tales registros son de valor incuestionable para ampliar las observaciones del investigador y facilitar el proceso de análisis. Además, estos registros le confieren criterios de confiabilidad y credibilidad a la investigación a la hora de respaldar los datos obtenidos.

## **6.5. Fases de la investigación**

El diseño de investigación de los estudios de caso se articula en torno a una serie de pasos que siguen un enfoque progresivo; es decir, el tema se va focalizando y delimitando a medida que el proceso avanza. Las primeras fases son de exploración y reconocimiento, se analizan los lugares, las situaciones y los sujetos que aportan los datos. En la fase intermedia se seleccionan los sujetos, aspectos a explorar, las estrategias que se van a utilizar y el tiempo que durará la investigación. Posteriormente se pasa a la fase de recogida de datos, análisis e interpretación (Hernández, 2007, p. 208).

En la práctica investigativa, casi nunca se siguen los pasos exactamente en un orden; es decir, no hay un proceso rígido, sino flexible; se trata de un proceso continuo, en el cual el investigador incorpora nuevas ideas a lo largo del estudio, permitiéndole modificar ideas anteriores. Sin embargo, el diseño de esta investigación está íntimamente ligado al de estudio de caso propuesto por Hernández (2007):



### **6.5.1. Fase I: Rastreo bibliográfico y planteamiento de la propuesta de investigación**

#### **Actividades:**

- Rastreo bibliográfico
- Descripción y planteamiento del problema
- Formulación de objetivos

### **6.5.2. Fase II: Configuración del marco teórico y el diseño metodológico**

#### **Actividades:**

- Construcción de los referentes conceptuales
- Selección de la muestra
- Diseño de instrumentos de recolección de información
- Antecedentes

### **6.5.3. Fase III: Recolección y análisis de la información**

#### **Actividades:**

- Desarrollo de los instrumentos con la muestra seleccionada
- Transcripción de la información recolectada
- Análisis e interpretación de la información
- Evaluación de los resultados
- Elaboración y comunicación de informe final del proyecto de investigación.

## **6.6. Diseño y aplicación de las actividades de intervención**

La idea era implementar material potencialmente significativo al aula, para propiciar un espacio de aprendizaje significativo. El material debía ser coherente con la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel; para ello se diseñó un material con significado lógico y psicológico, atendiendo a los conceptos en los que los estudiantes tenían mayores dificultades. Además, los instrumentos fueron sometidos a revisión por parte de docentes capacitados en

el área de Ciencias Naturales, con el fin de darle validez a lo que se iba a implementar.

**6.6.1. Fase de indagación de ideas previas:** en esta fase se aplicaron dos instrumentos que pretendían detectar las ideas que tenían los estudiantes acerca del proceso de la respiración y las dificultades que presentaban al respecto, para posteriormente diseñar el material potencialmente significativo.

**6.6.1.1. Primer instrumento:** este instrumento permitía a los estudiantes, a partir de una serie de imágenes, que representan algunos órganos del cuerpo humano, elegir aquellos órganos que consideraran hacían parte del sistema respiratorio y justificar su elección. Además, se hizo un apareamiento para identificar si conocían las funciones de algunos órganos del sistema respiratorio (ver anexo 1).

**6.6.1.2. Segundo instrumento:** con este instrumento se pretendía observar la coherencia con las respuestas del primer cuestionario. Además se querían identificar las ideas que tenían los estudiantes en relación con el proceso de la respiración.

Por otra parte, se pretendía indagar por los mecanismos de respiración de otros organismos diferentes al hombre, excluyendo a los organismos autótrofos como las plantas; esto con el objetivo de realizar un trabajo que no se limitara única y exclusivamente a un mecanismo, sino que se diera una idea general acerca de los otros mecanismos; es importante mostrar a los estudiantes que los seres vivos no siguen el mismo proceso en cuanto a la respiración (ver anexo 2).

**6.6.2. Introducción de organizadores previos:** de acuerdo con Ausubel, los organizadores previos son todos aquellos instrumentos que van a servir de “anclaje provisorio” para el nuevo aprendizaje y van a llevar al desarrollo de

ideas y proposiciones relevantes que posteriormente faciliten el aprendizaje significativo (Moreira, 1996, p. 131).

La principal función de los organizadores previos es servir de puente cognitivo entre lo que el aprendiz ya sabe y/o que deba saber de tal forma que el nuevo material pueda ser aprendido significativamente (*Ibíd.*).

Como organizador previo se elaboró un plegable manualmente, con el objetivo de hacer un trabajo llamativo y de mostrar a los estudiantes el interés del investigador en el tema. El plegable contenía información general acerca del proceso de la respiración y algunos órganos del sistema respiratorio. Este contenido les permitiría posteriormente comprender más fácilmente el fenómeno objeto de estudio a la hora de implementar la simulación (ver anexo 5, fotografías).

**6.6.3. Fase de aplicación del material potencialmente significativo:** en esta investigación se contemplaron dos actividades como material potencialmente significativo: la actividad experimental y la simulación computacional.

**6.6.3.1. Actividad experimental:** la práctica experimental no tenía el objetivo de llevar a los estudiantes a trabajar con reactivos o con equipo experimental; la idea era hacer un trabajo que involucrara material que puede conseguirse en casa y así, demostrar que las prácticas no se limitan a la manipulación de equipos de laboratorio.

La actividad era la del modelo pulmonar, que pretendía introducir a los estudiantes a los conceptos de inhalación y exhalación (ver anexo 3). La práctica contemplaba todos los objetivos que deben ser considerados en la Enseñanza de las Ciencias: procedimentales, conceptuales y actitudinales, de acuerdo con los estándares curriculares del área de ciencias.

**6.6.3.2. Simulación computacional:** después de llevar a cabo la actividad experimental se implementó la simulación que fue diseñada con el programa Macromedia Flash 8. Antes de iniciar su diseño, se realizó un rastreo acerca de las simulaciones disponibles en Internet, con la intención de no trabajar sobre algo hecho, sino para hacer algo diferente y con fines pedagógicos y didácticos.

La simulación incluye varios aspectos:

- Una parte teórica acerca de la respiración.
- Los órganos del sistema respiratorio y sus funciones.
- Los mecanismos de respiración (sin animaciones).
- Simulación (animación) sobre el proceso de la respiración en el hombre.

Es importante anotar que cuando se habla de animaciones se refiere a la simulación como tal. En este caso sólo se realizó simulación del proceso de respiración pulmonar y no de los demás, porque era el proceso que más interesaba a esta investigación. En ese sentido, los demás mecanismos sólo contenían aspectos teóricos, para explicar de forma general en qué consistía cada uno.

El trabajo siempre estuvo guiado por el docente investigador y con la participación activa de los estudiantes; siempre se hacían preguntas para observar si los educandos realmente estaban comprendiendo el proceso. Asimismo, se realizó una entrevista después de la implementación de la simulación.

- **Características del material didáctico:** para que la simulación cumpliera con los requisitos necesarios para ser considerada material potencialmente significativo, fue diseñada de tal forma que permitiera a los estudiantes interactuar con el fenómeno objeto de estudio y que les ayudara a motivarse.

Las características generales de la simulación son:

**a)** A través de botones interactivos, permite a los estudiantes observar la parte que quieran con detenimiento. Sin embargo, la idea es seguir un orden, una secuencia que les ayude a entender el proceso de la respiración; para eso el trabajo debe ser guiado.

**b)** No sólo posee animaciones acerca del fenómeno a estudiar, sino que presenta información relevante, destacando los aspectos más importantes que permiten hacerse a una idea de lo que es el proceso de la respiración.

**c)** La simulación es una animación que muestra paso a paso el proceso de la respiración y que permite a su vez, observar en una ventana, una pequeña explicación de lo que sucede.

**d)** Las imágenes son llamativas y animadas, lo que posibilita la motivación por parte de los aprendices.

### **6.7. Obstáculos y apoyos especiales encontrados a lo largo del estudio**

El obstáculo principal fue la dificultad para acceder a la sala de informática en los momentos oportunos; esto impidió que las actividades se realizaran en las fechas indicadas y retrasó la recolección de la información. Esto muestra que el trabajo interdisciplinario no es el común denominador en la Institución, pues los profesores de informática podían ayudar a realizar este trabajo y de esta manera brindar colaboración al área de ciencias naturales.

Otros obstáculos fueron: la poca participación de los estudiantes al inicio de la investigación y el temor para responder a la hora de la entrevista. Sin embargo, con el tiempo los problemas se resolvieron y los educandos participaban activamente y hablaban con propiedad.

Un apoyo importante fue la colaboración de los docentes de ciencias para gestionar el permiso a las salas y para revisar los instrumentos que se implementaron tanto en la fase de indagación, como en la de intervención.

## **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Las categorías que se presentan en el análisis de resultados emergen del contenido conceptual más relevante dentro de la investigación. Estas categorías resultan de los aspectos en los cuales los estudiantes presentaban más dificultad en cuanto al contenido y requerían de una reflexión más profunda sobre éste.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos, han sido insumo para la creación de las siguientes categorías de análisis, que emergen de la indagación de ideas previas.

- Órganos del sistema respiratorio (categoría 1)
- Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano (categoría 2).
- Respiración de los peces (categoría 3).
- Respiración de insectos y algunas arañas (categoría 4).
- Respiración de lombriz y algunos gusanos (categoría 5).

Para realizar un análisis profundo y comparado, se muestran aquí tanto los resultados de la etapa de indagación como de la etapa de intervención; esto permite realizar comparaciones y establecer la posible evolución de los subsumidores a ideas más diferenciadas y estructuradas.

### **7.1. Análisis de la indagación de ideas previas**

Para el diagnóstico de ideas previas se aplicaron dos instrumentos con la intención de indagar el nivel de aprendizaje en el que se encontraban los estudiantes en relación con el proceso de la respiración. En esta etapa el trabajo se realizó con 35 estudiantes.

Los resultados de esta diagnosis muestran las dificultades conceptuales que presentan los estudiantes acerca del fenómeno de la respiración; así como la necesidad de incluir un material potencialmente significativo para la enseñanza de dicho fenómeno.

A partir de esta exploración de ideas previas, surgieron algunas categorías de análisis, que permitieron establecer el grado de conocimiento que tienen los estudiantes acerca del proceso de la respiración. A continuación se muestran las categorías obtenidas con sus respectivas subcategorías y análisis.

### 7.1.1. Categoría 1: Órganos del sistema respiratorio

Es importante tener en cuenta los órganos que hacen parte del sistema respiratorio para hacerse una idea general acerca de lo que los estudiantes saben en relación al proceso de la respiración porque de alguna manera, si conocen las funciones de cada uno de los órganos, comprenden el proceso.

Para analizar esta categoría, se muestra la siguiente tabla, que incluye las palabras textuales aportadas por cada uno de los participantes en la mayoría de los casos:

ÓRGANOS	RAZONES	Nº DE ESTUDIANTES QUE LOS ASOCIAN
<b>Pulmones</b>	Allí es enviado el oxígeno, <i>“el aire entra y se devuelve”</i> ; <i>“es el lugar más indicado para respirar”</i> .	33
<b>Tráquea</b>	<i>“Tubito que lleva el aire a los pulmones”</i> ; <i>“pasa el aire que vamos a expulsar”</i> .	5
<b>Estómago</b>	<i>“Por que respiramos y se mueve”</i>	3
<b>Nariz</b>		35



	Entra y sale al oxígeno.	
<b>Boca</b>	<i>“Se bota el aire”; cuando la nariz se tapa por la boca se respira; “si nos tapan la boca morimos ahogados”; “recibimos el oxígeno”.</i>	18
<b>Cerebro</b>	<i>“A los niños no se les han desarrollado los pulmones”.</i>	1
<b>Corazón</b>	<i>“Si el corazón se para dejamos de respirar”; “es el órgano más importante del cuerpo”.</i>	13

**Tabla 2.** Sistematización de ideas previas. Categoría 1.

En los instrumentos de indagación (ver anexo 1) se incluyeron imágenes relacionadas con algunos órganos del cuerpo humano; los estudiantes debían seleccionar aquellos que consideraran hacían parte del sistema respiratorio y justificar su respuesta. En este sentido, los educandos asociaban generalmente las representaciones de los órganos con la respiración, pero no tenían la fundamentación conceptual necesaria para dar razones de ello; es decir, identificaban adecuadamente los órganos que pertenecen a dicho sistema, pero sus explicaciones eran confusas y fundamentadas en la experiencia.

Se remitían a hechos de su vida cotidiana para la construcción de sus formulaciones; por ejemplo en el caso de los niños pequeños - *a los que no se les han desarrollado los pulmones*- el estudiante tenía la creencia popular de que los recién nacidos no tienen la capacidad de respirar por medio de sus pulmones. Además, en algunas de sus respuestas era común encontrar respuestas como *lo escuché, lo vi en algún lugar, mi mamá me lo dijo, mi profesora me lo enseñó en la escuela*, etc. Estas afirmaciones permitieron ubicar a la mayoría de los estudiantes en el nivel de aprendizaje representacional, pues este tipo de aprendizaje supone la adquisición de significados para símbolos establecidos culturalmente a partir de un referente

(Moreira, 2000). En este caso reconocen el órgano (a través de la imagen) con el sistema a trabajar, pero sin una fundamentación conceptual.

### 7.1.2. Categoría 2: Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano

Es importante observar si los estudiantes ven el sistema respiratorio en armonía con otros sistemas del cuerpo humano; es decir, si se logra ver el cuerpo humano como un conjunto de órganos, que si bien cada uno cumple una función específica y trabajan por sistemas, también se relacionan entre sí, para cumplir juntos una función, que es la del mantenimiento de la vida. Por esta razón, se consideró importante incluir esta categoría de análisis, que surgió al observar las dificultades que presentaban los estudiantes para establecer conexiones entre todos los sistemas del cuerpo humano. Este hecho reflejaba las confusiones en los conceptos trabajados por parte de los educandos a la hora de hablar del cuerpo humano como un todo.

La siguiente tabla muestra las relaciones que los estudiantes establecen entre el sistema respiratorio y los demás sistemas del cuerpo humano, incluye las respuestas textuales de algunos de ellos y el porcentaje de estudiantes que responden de esta manera:

SISTEMA CON EL QUE SE RELACIONA	RAZONES	% DE ESTUDIANTES
Con todos	El aire recorre todo el cuerpo; <i>“ayuda a la digestión”</i> ; <i>“todo el cuerpo necesita oxígeno”</i> .	37%
Circulatorio únicamente	Purifica la sangre.	9%

<b>Circulatorio y nervioso</b>	<i>“El aire pasa a la sangre y luego interviene el sistema nervioso porque cuando tu te asustas el sistema nervioso hace que la respiración se acelere”.</i>	8%
<b>Ninguno</b>	<i>“Porque el sistema respiratorio tiene sus propias partes”.</i>	29%
<b>No saben</b>	-----	17%

**Tabla 3.** Sistematización de ideas previas. Categoría 2.

Estos resultados sugerían que los estudiantes tenían un conocimiento acerca de los sistemas del cuerpo humano; sin embargo, no fundamentaban acertadamente la relación existente entre los sistemas. Además, muchos consideraban el sistema respiratorio como un sistema aislado de los demás, no establecían conexiones entre todos los sistemas.

En la siguiente tabla se muestran las subcategorías que surgen de la categoría Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano y el porcentaje de estudiantes que lo ven de esta forma:

<b>SUBCATEGORÍAS</b>	<b>% DE ESTUDIANTES</b>
<b>Sistema aislado:</b> no encuentran conexiones entre el sistema respiratorio y los demás sistemas del cuerpo humano.	24%
<b>Relacionado con todos los sistemas:</b> muestran que es posible que el sistema respiratorio se relacione con todo el cuerpo humano pero no establecen conexiones claras.	32%

<p><b>Relacionado con uno o dos sistemas:</b> el sistema respiratorio se relaciona con el sistema circulatorio y digestivo; sin embargo, no muestran claridad en sus explicaciones.</p>	<p>44%</p>
---	------------

**Tabla 4.** Sistematización de ideas previas. Categoría 2 y subcategorías.

**7.1.2.1. Subcategoría 1. El sistema respiratorio aislado de los demás sistemas del cuerpo humano:** El 24% de los estudiantes consideró el sistema respiratorio como aislado de las demás partes del cuerpo humano. Este es un alto porcentaje que permitió afirmar que los estudiantes no tenían un conocimiento acerca del tema. No se establecían conexiones entre dicho sistema y el resto de los órganos o sistemas del cuerpo humano, porque el sistema respiratorio, para algunos tenía sus propias partes y no necesitaba de otros órganos para cumplir su función.

**7.1.2.2. Subcategoría 2. El sistema respiratorio está relacionado con todos los sistemas del cuerpo humano:** El 32% de los estudiantes consideró que el sistema respiratorio se relacionaba con el resto del cuerpo, acertando en cuanto a la necesidad que tiene el cuerpo humano del oxígeno; sin embargo, las justificaciones no eran claras y no establecían una conexión coherente entre los demás sistemas.

Las justificaciones de algunos estudiantes en relación a esta subcategoría hacían referencia estrictamente a la necesidad de purificar la sangre; no obstante, no argumentaban cómo es esta relación y en qué consiste.

**7.1.2.3. Subcategoría 3. El sistema respiratorio se relaciona con uno o dos sistemas:** El 44% de los estudiantes, establecían relaciones con uno o varios sistemas pero no todos. No obstante, las afirmaciones podrían considerarse adecuadas, teniendo en cuenta las expresiones que utilizaban; términos como *purificar la sangre*, el cual es cercano al lenguaje científico. Pese a esto, sólo

fue un estudiante el que tuvo esta respuesta tan acertada, los demás no mostraban claridad en cuanto a sus explicaciones.

Los sistemas con los cuales los estudiantes establecían relaciones, en la mayoría de los casos, eran el circulatorio y el digestivo. En cuanto al sistema circulatorio acertaban en el hecho de ser el sistema al que pasaba el oxígeno para purificar la sangre; sin embargo, no profundizaban en sus explicaciones y no encontraban la manera de conectar de otra forma estos sistemas. En relación al sistema digestivo, lo referían en el hecho de que al respirar se digerían los alimentos, un hecho no muy alejado de la realidad, pero que no se explica adecuadamente.

### **7.1.3. Categoría 3: Respiración en peces**

A pesar de ser el proceso de la respiración pulmonar el tema de estudio de esta investigación, se consideró pertinente indagar por otros tipos de respiración. Para el caso de los peces, los estudiantes presentaron una gran dificultad, pues tendían a creer que estos organismos respiran por medio de agallas y no a través de las branquias. Otros en cambio, pensaban que los peces tenían pulmones especializados por donde entra el oxígeno y que además, son impermeables para que no entre agua.

A continuación se muestra la tabla con las subcategorías que surgieron en esta categoría y se relaciona el porcentaje de estudiantes que se referían a cada una de las respuestas:

SUBCATEGORÍAS	% DE ESTUDIANTES
Respiración por escamas	4%
Respiración a través de la boca	5%
Respiración branquial	11%
Respiración traqueal	11%
Respiración bronquial	9%
Respiración a través de agallas	5%
Respiración a través de pulmones especializados	7%
No sabe	48%

**Tabla 5.** Sistematización de ideas previas. Categoría 3 y subcategorías.

La mayoría de los estudiantes desconocían la forma de respiración los peces; esto muestra que en gran medida no han tenido un acercamiento al tema, o por lo menos si este acercamiento se dio por parte de la escuela, no fue interiorizado por parte de los estudiantes. Sin embargo, algunos educandos aludían a respuestas como escamas, por la boca, la tráquea, etc. pero sin una justificación. Los estudiantes que acertaron en la respuesta no explicaron las razones de ella y desconocían la función de las branquias; simplemente creían que era la respuesta correcta porque lo habían escuchado en algún lugar.

Los resultados obtenidos en esta categoría muestran las dificultades conceptuales que presentaban los estudiantes y también, que sus respuestas derivan de experiencias propias, pues algunos tienen peces en sus casas y al observarlos creen que su mecanismo de respiración no es complejo y se logra apreciar a simple vista.

En esta categoría, fue difícil hacer un análisis a profundidad, pues las justificaciones que dieron los estudiantes (en caso de haberlas), eran escuetas, no mostraban claridad y comprensión acerca del proceso. Sin

embargo, es curioso el hecho de que los estudiantes pensaran en pulmones impermeables que les permitiera a los peces respirar bajo el agua sin que ésta entre a su organismo; esto muestra que los estudiantes no diferencian los tipos de respiración de los seres vivos llegando al punto de confundir órganos; por ejemplo, pensar en respiración por medio de bronquios es un indicio de que los educandos no reconocen las partes del sistema respiratorio humano ni sus funciones.

#### 7.1.4. Categoría 4: Respiración de insectos y algunas arañas

La gran mayoría de los estudiantes pensaba que los insectos respiraban a través de los alvéolos o de los bronquios; dos estudiantes asociaron la tráquea con la respiración de estos organismos. Sin embargo, no daban razones claras de por qué la respiración es traqueal, parece que esta respuesta provenía simplemente de especulaciones, teniendo en cuenta que la tráquea si es parte del sistema respiratorio.

En la siguiente tabla se muestran las subcategorías que surgen de esta categoría:

SUBCATEGORÍAS	% DE ESTUDIANTES
Respiración alveolar	36%
Respiración bronquial	19%
Respiración pulmonar	18%
Respiración traqueal	7%
Respiración a través de la sangre	2%
No sabe	18%

**Tabla 6.** Sistematización de ideas previas. Categoría 4 y subcategorías.

Las subcategorías que se establecen no tenían argumentaciones claras; es decir, se encontraron estas subcategorías pero los estudiantes no explicaron

sus respuestas; al parecer respondieron al azar. Después de observar los instrumentos, se concluyó que las respuestas fueron realizadas con rapidez y sin reflexionar, pues no había coherencia en las justificaciones que daban algunos estudiantes; otros en cambio, aunque eligieron una respuesta, decían que no sabían por qué creían que era la respuesta correcta.

#### 7.1.5. Categoría 5: Respiración de lombriz y algunos gusanos

Esta es la categoría en la que los estudiantes presentaron mayor dificultad y en la que ninguno explicó adecuadamente su respuesta; en general, pensaban que era imposible que existiera algún animal que tuviera respiración cutánea; sin embargo, algunos asociaron los “poros” a este tipo de respiración (creían que la lombriz respiraba a través de los poros que tenía en la piel). No se establecía claramente un mecanismo que permitiera a los gusanos intercambiar oxígeno con el medio, era confuso para los estudiantes pensar que animales tan pequeños tuviesen algún tipo de órgano que les permita respirar, pero también les parecía poco creíble que respiraran a través de la piel.

La siguiente tabla muestra las subcategorías que emergieron de esta categoría y el porcentaje de estudiantes que las asociaron. Cabe anotar que la mayoría de los estudiantes respondieron que no sabían como respiraban las lombrices y los gusanos.

SUBCATEGORÍAS	% DE ESTUDIANTES
Respiración a través de agallas	5%
Respiración a través de poros	4%
Respiración bronquial	5%
Respiración a través de la nariz	2%
Respiración a través de la boca	5%
No sabe	79%

**Tabla 7.** Sistematización de ideas previas. Categoría 5 y subcategorías.



En otros casos, las respuestas eran completamente incoherentes, entre estas respuestas, encontramos:

- *“...las lombrices y los gusanos tienen una capita de oxígeno”*
- *“...tienen un hueco por donde respirar así como los peces”*

Esto evidenciaba que los estudiantes no habían tenido un acercamiento a este tema; en términos de la Teoría del Aprendizaje Significativo, podría decirse, que los educandos no poseían los subsumidores necesarios para responder a preguntas de este tipo, pues desconocían en primer lugar, los tipos de respiración y en segundo lugar, las funciones de la piel en los seres vivos.

#### **7.1.6. Nivel de aprendizaje significativo encontrado**

Un punto clave dentro de la investigación es identificar los tipos de aprendizaje que desde la teoría de Ausubel se encuentran; por esta razón, es necesario ubicar a los estudiantes en un tipo de aprendizaje significativo antes de implementar las actividades de intervención; esto con el fin de crear un punto inicial para establecer al final del proceso que tan significativo fue el avance obtenido; es decir, aquí se establece un punto de referencia que permitirá identificar el tipo de aprendizaje significativo alcanzado, después de implementar el material potencialmente significativo.

A partir de la información obtenida y en coherencia con la teoría de aprendizaje que sustenta esta investigación, se establece que los niveles de aprendizaje significativo en los que se encuentran los educandos varían; es decir, que no se ubican en un solo nivel; oscilan entre el representacional y el conceptual, así:

NIVEL DE APRENDIZAJE	% DE ESTUDIANTES
<p><b>Nivel de aprendizaje representacional:</b> los estudiantes aluden a situaciones de su vida cotidiana para justificar su respuesta o no muestran una conexión clara. Sin embargo, aquí también se encuentran los estudiantes que no tienen ninguna idea al respecto y, por lo tanto, no argumentan su respuesta.</p>	<p><b>71%</b></p>
<p><b>Nivel de aprendizaje conceptual:</b> las argumentaciones que se evidencian, aunque no pueden considerarse completamente apropiadas debido al pobre lenguaje científico utilizado, demuestran la capacidad de relacionar conceptos, abstraer significados y establecer conexiones entre sistemas.</p>	<p><b>29%</b></p>

**Tabla 8.** Niveles de aprendizaje encontrados en el diagnóstico de ideas previas.

De acuerdo con Moreira (2000) el aprendizaje representacional es la base de otros tipos de aprendizaje. No es preocupante que los estudiantes se ubiquen en este nivel de aprendizaje significativo, pues si no ha existido un acercamiento al tema es lo que se esperaría; lo importante, es que después de la intervención se logre pasar a otro nivel.

El 29% de los estudiantes está en un nivel de aprendizaje significativo conceptual; sin embargo, teniendo en cuenta las respuestas se concluye que a un nivel muy bajo, donde los conceptos fueron adquiridos a través de la formación de conceptos que es muy aproximado al aprendizaje representacional, ya que, los conceptos se adquieren espontánea e inductivamente, basados en experiencias; es decir, se pone de manifiesto un proceso de aprendizaje por descubrimiento, porque de acuerdo con Moreira (2000, p. 21) *los atributos criterios de los conceptos se adquieren por experiencia directa, por medio de sucesivas etapas de formulación y evaluación de hipótesis y generalización.* Para realizar este análisis se revisaron cuidadosamente las respuestas de cada estudiante; se tuvo en cuenta el

lenguaje utilizado y la capacidad de argumentar las respuestas, para detectar si las nociones que tenían estaban asimiladas o no.

## **7.2. Análisis de la información obtenida después de la intervención**

Para obtener información después de la intervención con el material potencialmente significativo, se realizó un cuestionario y una entrevista, con la intención de profundizar en las respuestas de cada uno de los estudiantes, observar si realmente hubo una evolución conceptual y ubicar a los estudiantes en un nivel de aprendizaje significativo que se alcanzó posterior a la intervención, que es en última instancia el resultado más importante para la investigación.

En esta fase de la investigación sólo se trabajó con 9 estudiantes, cuyos criterios de selección se describen en el diseño metodológico. Esto es importante tenerlo en cuenta a la hora de comparar las ideas previas con las finales.

A continuación se muestra el análisis de cada una de las categorías después de la intervención con el material potencialmente significativo (la actividad experimental y la simulación computacional) y de esta forma se da respuesta a la pregunta problematizadora planteada en esta investigación.

### **7.2.1. Categoría 1: Órganos del sistema respiratorio**

Esta categoría se centra en los órganos que los estudiantes conciben como propios del sistema respiratorio y las afirmaciones y justificaciones que hacen al respecto. Esta categoría da una mirada hacia lo que puede encontrarse en las siguientes categorías y permite analizar a su vez las interacciones que ellos consideran se dan entre estos órganos.

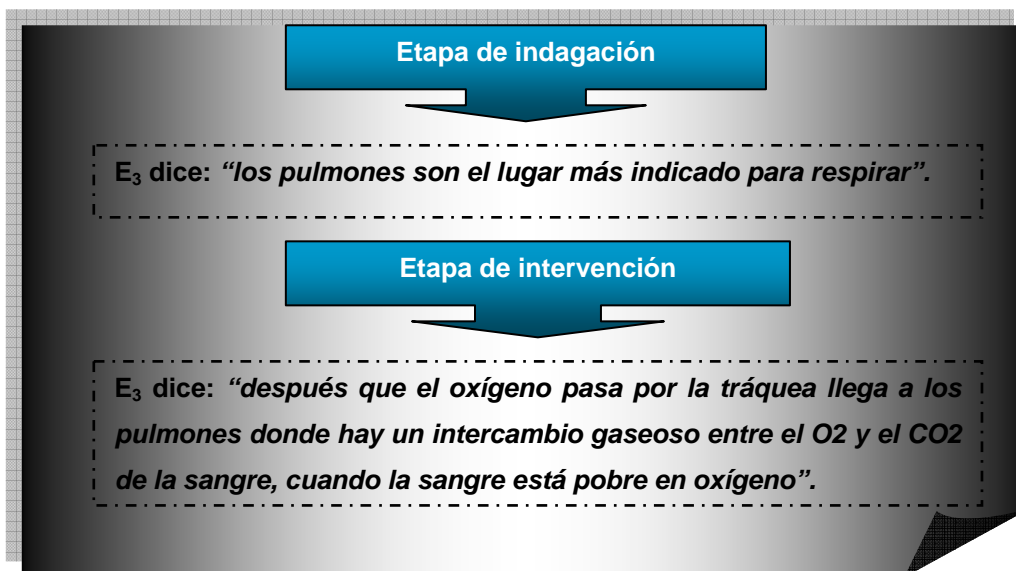
En la siguiente tabla se muestran los resultados de esta categoría, así como se incluyen las respuestas más significativas de algunos estudiantes. En esta tabla se relaciona el número de estudiantes que elijen cada órgano del sistema respiratorio; el hecho de que un estudiante elija un órgano, no lo excluye de colocar varios a la vez; por esa razón, en esta tabla no se incluyen porcentajes, sino que el número de estudiantes equivale a cuantos de los nueve estudiantes aluden a ese órgano:

<b>ÓRGANOS</b>	<b>RAZONES</b>	<b>Nº DE ESTUDIANTES QUE LOS ASOCIAN</b>
<b>Pulmones</b>	<i>"...en los pulmones hay intercambio gaseoso entre el CO<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub>"; "...en los pulmones se lleva el intercambio gaseoso"</i>	9
<b>Tráquea</b>	<i>"La tráquea lleva el oxígeno a los pulmones"; "Tráquea es por donde pasa el oxígeno y luego por los bronquiolos".</i>	7
<b>Nariz</b>	<i>"Ingresa el oxígeno y luego pasa a la tráquea, eso se llama inhalación"; "El aire entra y sale principalmente por la cavidad nasal..."</i>	9
<b>Boca</b>	<i>"Es donde entra y sale el oxígeno cuando la nariz está inhabilitada".</i>	8
<b>Cerebro</b>	<i>"La sangre oxigenada ya pasó por todo el cuerpo, entonces al cerebro también le llega la sangre".</i>	3
<b>Corazón</b>	<i>"Porque antes de pasar a los pulmones, el oxígeno pasa por el corazón..."</i>	6

**Tabla 9.** Categoría 1. Análisis posterior a la intervención.

En la mayoría de los casos, los estudiantes justifican correctamente sus respuestas y hacen uso adecuado del lenguaje científico. Ya no hacen alusión a hechos de su vida cotidiana para explicar la relación de algún órgano con el sistema respiratorio, como lo hacían en la indagación de conceptos previos. Este hecho permite establecer que mediante la intervención con el material potencialmente significativo, los educandos explican adecuadamente la función de los órganos dentro del sistema respiratorio.

A continuación se muestra el caso representativo de uno de los participantes (E<sub>3</sub>), en el que se establece una comparación del antes y después de la intervención y su posterior análisis. Esto permite detallar qué tanto han evolucionado las concepciones de este estudiante. Se habla de evolución y no de cambio, pues siendo consecuentes con la idea de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, las ideas previas; en otros términos, los subsumidores o ideas ancla, se relacionan con las nuevas ideas; es decir, no hay un cambio sustancial en las ideas anteriores, sino que las antiguas y nuevas ideas interactúan (Moreira, 2000).



**Figura 7.** Caso representativo de la categoría 1.

Este caso muestra la evolución conceptual del estudiante que, en general, denota cómo después de trabajar con la simulación y de realizar la actividad experimental se apropió de los conceptos, identificando claramente el proceso y comprendiéndolo. Este hecho o caso en particular, evidencia que el material potencialmente significativo sirvió como medio para que la idea ancla (subsumidor), encontrada en la indagación inicial, interactuara con los nuevos conceptos y así, crear una idea más elaborada. Como Moreira (2000) expone, el subsumidor no desaparece, se modifica, la idea se ha transformado progresivamente para producir una idea estructurada y diferenciada, cercana a lo que se esperaba el estudiante adquiriera.

Por otra parte, es importante resaltar además, el lenguaje que utiliza este estudiante para exponer su idea; ahora puede explicar su respuesta más ampliamente y argumentando claramente el proceso, utilizando términos como  $O_2$ , que antes era denominado por la gran mayoría de los estudiantes como aire. De esta categoría, puede decirse que se ha avanzado en el proceso de aprendizaje y se ha logrado que los estudiantes identifiquen los órganos del sistema respiratorio y sus funciones.

### **7.2.2. Categoría 2: Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano**

Esta categoría es muy importante porque permite visualizar la manera como los estudiantes van concibiendo el proceso de la respiración y cómo se establecen vínculos entre los otros sistemas del cuerpo humano. Además, a través de esta categoría se puede observar de alguna manera, si la categoría anterior (órganos del sistema respiratorio) fue interiorizada realmente, porque es primordial que aunque los educandos establezcan relaciones entre todos los sistemas, también diferencien los órganos de cada uno, así como la función de éstos, a fin de comprender por separado cada sistema e identificar las conexiones que existen entre ellos.

En la siguiente tabla, se pueden observar las relaciones que se establecen entre los sistemas y el porcentaje de estudiantes que los asocian:

SUBCATEGORÍAS	% DE ESTUDIANTES
<b>Relacionado con todos los sistemas:</b> reconocen que el oxígeno no llega sólo a los pulmones, sino que se pone en contacto con la sangre y a través de ella con los tejidos.	78%
<b>Relacionado con uno o dos sistemas:</b> lo relacionan con el digestivo y el circulatorio.	22%

*Tabla 10. Categoría 2. Análisis posterior a la intervención.*

Al revisar los resultados de la indagación de ideas previas, se observa que el 24% de los estudiantes consideran el sistema respiratorio como aislado de los demás sistemas del cuerpo humano. En la etapa de intervención esta subcategoría desaparece, pues los participantes encuentran las relaciones necesarias para establecer conexiones entre todos los sistemas o entre uno o dos.

Este hecho sugiere que las actividades propuestas contribuyen a mejorar las ideas que tienen los aprendices acerca de los sistemas del cuerpo humano como aislados; es importante que los estudiantes comprendan que a pesar de que el cuerpo está dividido por sistemas, éstos interactúan juntos por un mismo que fin, que es el buen funcionamiento del organismo y el mantenimiento de la vida (Audesirk, 1996).

**7.2.2.1. Subcategoría 1. El sistema respiratorio está relacionado con todos los sistemas del cuerpo humano:** el 78% de los estudiantes establece conexiones entre el sistema respiratorio y los demás sistemas del cuerpo humano. Aquí se evidencia un cambio significativo en las concepciones de los

estudiantes, pues en la etapa de indagación, sólo el 32% de los educandos establecía una relación, aunque sin justificaciones claras.

En esta subcategoría, los educandos comprenden la necesidad que tiene el cuerpo del oxígeno y perciben las relaciones que se tejen entre todos los sistemas, para llevar a cabo la función de la respiración; además, aciertan en cuanto a la necesidad de las células del cuerpo de recibir oxígeno, aspecto importante dentro de la respiración, a pesar de ser un punto que no era de importancia para la investigación. También queda claro que el cuerpo requiere eliminar todo aquello que no necesita o que es perjudicial, en este caso el CO<sub>2</sub>. Aunque en este trabajo no era trascendental entender el intercambio gaseoso que se da a nivel celular, es un aspecto muy positivo el hecho de que ahora los estudiantes lo consideren.

Considerando los aspectos a nivel biológico, que se incluyen en el marco teórico que sustenta esta investigación, el sistema respiratorio se relaciona con todos los sistemas del cuerpo humano de alguna u otra forma, porque sabemos que todos en conjunto trabajan aún cuando a cada órgano del cuerpo le atañe una función específica.

Las relaciones establecidas entre los sistemas del cuerpo humano por parte de los estudiantes son como se ilustra en la siguiente tabla:

<b>SISTEMAS DEL CUERPO HUMANO</b>	<b>ARGUMENTACIONES</b>
<b>Nervioso</b>	<i>“Cuando la sangre está oxigenada pasa por todo el cuerpo y también le da oxígeno al cerebro”; “El cerebro también necesita oxígeno”.</i>
<b>Circulatorio</b>	La sangre recorre a través de las venas y arterias, que hacen parte del sistema circulatorio.



	<i>“La sangre se purifica”; “La sangre con poco oxígeno entra al corazón y pasa a los pulmones otra vez”.</i>
<b>Digestivo</b>	Cuando el diafragma se mueve ayuda a la digestión.
<b>Muscular</b>	El diafragma es un músculo que hace parte del sistema respiratorio. <i>“El oxígeno llega a todo el cuerpo, a los músculos también”.</i>
<b>Excretor</b>	<i>“Llega sangre oxigenada al hígado”; “El sistema respiratorio también es excretor porque elimina el CO<sub>2</sub> que no lo necesitamos”.</i>

**Tabla 11.** Relación del sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano.

De acuerdo con Giordan (1998), el sistema respiratorio se relaciona directamente con el sistema circulatorio, pues juegan un papel importante la sangre y los mecanismos de difusión. En este sentido, se logra un avance significativo, pues todos los estudiantes establecen la conexión entre ambos sistemas adecuadamente y brindando explicaciones coherentes y claras.

Se establece que el sistema respiratorio a pesar de tener sus propias partes, como lo afirmaban algunos estudiantes en la etapa de indagación, tiene vínculos con todos los sistemas del cuerpo, pues en última instancia todos los sistemas en su conjunto forman un mismo cuerpo y no trabajan de forma independiente.

Con estos resultados, se puede establecer que este 78% de los educandos que relacionan todos los sistemas, se acercan más a la comprensión del proceso real de la respiración, pues al argumentar su respuesta, explican claramente de proceso y entienden la importancia del O<sub>2</sub> en el organismo.

Por otra parte, ningún estudiante hace alusión al hecho de que el sistema nervioso interviene en el proceso de la respiración, en la medida que las neuronas en el centro respiratorio generan impulsos que ocasionan la contracción y relajación alternante de los músculos respiratorios y que el bulbo raquídeo contiene neuronas receptoras que monitorean la concentración de bióxido de carbono en la sangre (Curtis, 2000).

**7.2.2.2. Subcategoría 2. El sistema respiratorio se relaciona con uno o dos sistemas:** el 22% de los estudiantes consideran que el sistema respiratorio se relaciona con uno o dos sistemas del cuerpo humano, principalmente con el circulatorio y el digestivo. Comprenden el papel de la sangre dentro del proceso de la respiración, de hecho, explican bien el recorrido del oxígeno y el dióxido de carbono, pero se les dificulta entablar relaciones con otros sistemas; pues para ellos el hecho de que la sangre oxigenada llegue a otros órganos no necesariamente lo vincula con el sistema respiratorio.

El hecho de que esta subcategoría persista, no es indicio de que la simulación computacional no logre promover el aprendizaje significativo, simplemente da cuenta de que los estudiantes no aprenden por igual. Además, pudo influir el hecho de la motivación y predisposición del estudiante, evento que se analizará más adelante.

### **7.2.3. Categoría 3: Respiración en peces**

Dentro de la simulación diseñada, se incluyeron otros aspectos importantes y por lo tanto se diseñó un espacio para explicar otros tipos de respiración, que si bien, no tenían animaciones acerca del proceso; es decir, no incluían una simulación, si permitían visualizar de forma general la manera como otros seres vivos respiran. En este sentido, vale la pena aclarar, que la idea no es que los estudiantes comprendan el proceso de respiración de otros animales, sino que tengan una idea general, que diferencien los tipos de respiración y que conozcan los órganos de respiración de otros organismos.

Para el caso de los peces, se nota un avance significativo en cuanto a las explicaciones de los estudiantes; reconocen los órganos encargados de llevar a cabo la respiración en estos organismos. Las siguientes subcategorías desaparecen:

- Respiración por escamas
- Respiración bronquial
- Respiración traqueal
- Respiración a través de agallas
- Respiración a través de pulmones especializados

Después de la intervención, los educandos tienen claro cuáles son los órganos del sistema respiratorio humano y cuáles los órganos de los peces; por esta razón, estas subcategorías desaparecen y ningún estudiante hace alusión a ellas. Sin embargo, no se logra que el 100% de los participantes se ubique en una misma categoría. La siguiente tabla muestra las subcategorías que se encuentran en la etapa de intervención:

SUBCATEGORÍAS	% DE ESTUDIANTES
Respiración branquial	67%
No sabe	10%
No justifica su respuesta	23%

*Tabla 12. Categoría 3. Etapa de intervención.*

**7.2.3.1. Subcategoría respiración branquial:** el 67% de los estudiantes se refiere a las branquias para explicar la respiración de los peces. Comprenden que los peces también tienen tráquea, boca y nariz, pero que sus órganos especializados para respirar son las branquias.

Estos educandos, logran diferenciar claramente los órganos del sistema respiratorio humano y los de otros seres vivos; aspecto trascendental para

entender el proceso de la respiración pulmonar, pues es necesario tener claro los órganos que lo conforman para no errar en algún punto del proceso.

**7.2.3.2. No sabe:** el 10% de los participantes no explica por medio de qué órganos respiran los peces. Teniendo en cuenta este porcentaje de estudiantes que no sabía cuál era el órgano de respiración de los peces, podrían considerarse aspectos como la predisposición de los educandos para aprender, pues en el momento de explicar los tipos de respiración, no se evidenció una motivación por parte de los estudiantes que se encuentran en esta subcategoría.

**7.2.3.3. No justifica su respuesta:** el 23% de los estudiantes responde correctamente, en cuanto a que las branquias son los órganos de respiración de los peces; sin embargo, cuando se les pide que justifiquen su respuesta no lo hacen. Este hecho, probablemente indica que no es suficiente con haber incluido dentro de la simulación aspectos generales acerca del proceso de la respiración, sino que podría ser más conveniente diseñar una animación sobre este fenómeno y profundizar en el tema.

#### **7.2.4. Categoría 4: Respiración de insectos y algunas arañas**

Para los estudiantes, esta categoría fue motivadora, pues les inquietaba saber cómo animales tan pequeños recibían el oxígeno, aunque no se habló del proceso de la respiración en estos organismos, sino del órgano por donde se inicia éste.

Respecto a esta categoría, el 100% de los estudiantes establece que los insectos y algunas arañas respiran principalmente a través un sistema de tráqueas. El aire entra hacia las tráqueas por unos orificios que reciben el nombre de espiráculos; éstas tráqueas se van dividiendo y repartiendo el oxígeno por todo el cuerpo (Audesirk, 1996).

Se evidencia un aprendizaje significativo en esta categoría, en la que la motivación fue el factor más relevante para dicho avance, pues todos estaban atentos a este tipo de respiración, porque estos animales les llaman la atención. Este hecho permite reflexionar entorno al tema de la predisposición del estudiante a aprender, pues de una motivación casi propia se obtienen buenos resultados.

De acuerdo con Moreira (2000, p. 16), una condición indispensable para propiciar el aprendizaje significativo es que el estudiante manifieste disposición para relacionar, de manera no arbitraria, el nuevo material, con su estructura cognitiva. Esto significa que el estudiante debe estar dispuesto a aprender, sumándole a esto que el material debe ser potencialmente significativo. Este hecho demuestra que en este caso se cumplieron con ambas condiciones, pues los educandos, se mostraron prontos a aprender y el material cumplió con las condiciones que desde la perspectiva de Ausubel, debe tener para ser potencialmente significativo.

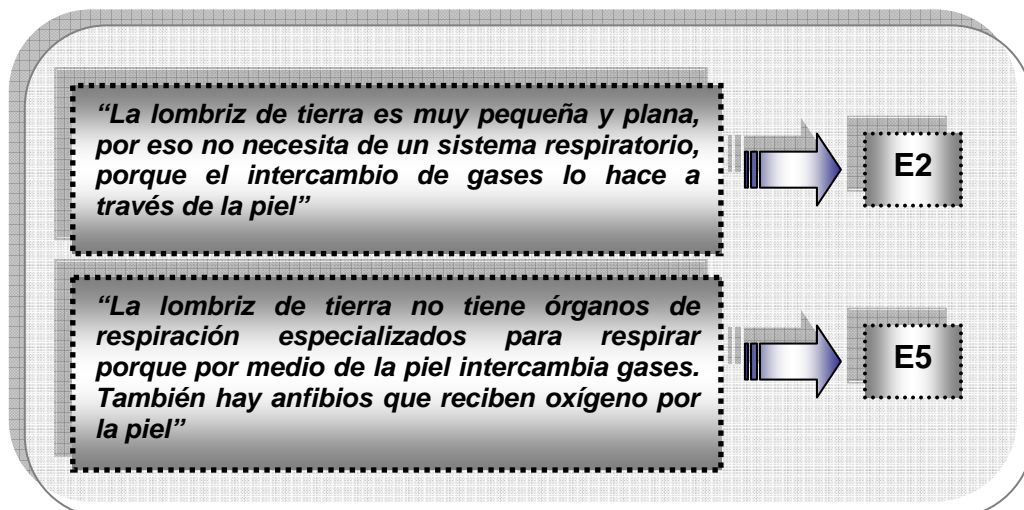
#### **7.2.5. Categoría 5: Respiración de lombriz y algunos gusanos**

Esta es sin duda la categoría más complicada, pues para los estudiantes fue confuso pensar que un organismo tuviera respiración cutánea; no obstante, el 100% de los educandos logró asimilar de alguna forma este mecanismo. Sin embargo es posible afirmar que sólo el 30% de los participantes, comprendió a cabalidad este tipo de respiración, pues el mecanismo de difusión es complejo.

Por otra parte, este tema sirvió para hablar acerca de las funciones de la piel, tema que les inquietaba un poco. Este es un aspecto importante porque a través de la motivación y la implementación de material potencialmente significativo se pueden propiciar otros temas importantes que los estudiantes desconocen.

Pese a ser la categoría más compleja, puede decirse con certeza que se logró un aprendizaje significativo; y que en términos de tipos o niveles, se ubica a los estudiantes en un nivel conceptual, pues por lo anteriormente mencionado, no podría asegurarse que lograrán el nivel proposicional. Los estudiantes argumentan claramente las razones por las cuales la lombriz de tierra y algunos gusanos respiran a través de la piel, pero en sus mentes, por ser un proceso complejo no se alcanza a comprender a profundidad.

En la siguiente figura se muestran las razones que dan los estudiantes para argumentar que las lombrices y algunos gusanos tienen respiración cutánea:



**Figura 8.** Categoría 5. Etapa de intervención

En esta figura se encuentran las respuestas más relevantes de los estudiantes (entrevista) en relación con esta categoría después de intervenir con el material potencialmente significativo. Aquí se evidencia la evolución conceptual de los estudiantes; utilizan un lenguaje muy apropiado y cercano a lo que se espera que sepan. Teniendo en cuenta las respuestas halladas en la etapa de indagación, se puede decir que se produjo un aprendizaje significativo a nivel conceptual, porque los estudiantes comprenden los conceptos y logran establecer relaciones entre ellos.

### 7.2.6. Nivel de aprendizaje significativo alcanzado

La pregunta de investigación estuvo dirigida a indagar el nivel de aprendizaje significativo que alcanzan los estudiantes después de implementar la actividad experimental y la simulación computacional. A partir de estos resultados y teniendo en cuenta el nivel de aprendizaje encontrado en la fase de indagación inicial, se analiza el tipo de aprendizaje significativo en el cual se ubican los educandos posterior a la ejecución de las actividades con el *material potencialmente significativo*.

En la siguiente figura, se encuentran los niveles o tipos de aprendizaje significativo alcanzados después de la intervención tanto con la actividad experimental como con la simulación computacional:

NIVEL DE APRENDIZAJE	% DE ESTUDIANTES
<b>Nivel de aprendizaje conceptual:</b> las argumentaciones que presentan los estudiantes utilizan un lenguaje apropiado, establecen conexiones entre conceptos; sin embargo, no logran abstraer todos los conceptos trabajados o no justifican ampliamente sus respuestas.	33%
<b>Nivel de aprendizaje proposicional:</b> los estudiantes logran establecer conexiones entre todos los conceptos trabajados y realizan proposiciones acerca del proceso de la respiración, utilizando los términos trabajados apropiadamente y hablando del proceso fluidamente.	67%

*Tabla 13. Niveles de aprendizaje alcanzados.*

De acuerdo con Moreira (2000), el aprendizaje de conceptos es, en cierta forma, un aprendizaje representacional, pues los conceptos son, también, representados por símbolos particulares. En este caso, los estudiantes no sólo identifican los órganos del sistema respiratorio, sino que entienden sus

funciones y establecen conexiones para explicar el proceso. Además, los educandos han aprendido nuevos significados que se les han presentado; es decir, que puede considerarse el hecho de que se ha dado una asimilación de conceptos por parte de los aprendices; la asimilación de conceptos es una forma de aprendizaje significativo por recepción, pues las definiciones no son descubiertas por los aprendices, sino presentadas a ellos a través del material potencialmente significativo.

Teniendo en cuenta que a los estudiantes se les ha dado a conocer un tema nuevo, se establece que no es un resultado negativo el hecho de encontrar un nivel de aprendizaje conceptual después de la intervención. Para lograr un aprendizaje a este nivel, hay que pasar por varios procesos como el de formación de conceptos y la asimilación; por esta razón, para algunos estudiantes es difícil alcanzar el nivel proposicional en corto tiempo, porque sino habrían tenido un acercamiento al tema, debían pasar por el nivel conceptual antes de lograr el de proposiciones, y muchos aún estaban asimilando los nuevos conceptos después de la intervención.

Tomando en cuenta la categorización que Tamayo (2003) realizó acerca de las concepciones de los estudiantes, podría decirse que los educandos que alcanzaron el nivel de aprendizaje de conceptos, se refieren a la respiración como un intercambio gaseoso, donde los pulmones juegan un papel preponderante. Este hecho respalda la idea de que no se han asimilado todos los conceptos.

El 67% de los estudiantes alcanza el nivel de aprendizaje proposicional, que se evidencia en el hecho de que no sólo aprenden los conceptos, sino que pueden realizar un “discurso” combinando todos los conceptos abordados y teniendo claros los significados. No se trata de una simple asimilación de conceptos como en el caso del aprendizaje conceptual, sino de un aprendizaje que logra vincular varias de las nociones trabajadas para explicar el proceso de la



respiración; las definiciones no se limitan a las dadas en el transcurso de la exposición del tema.

En el aprendizaje conceptual se aprende un concepto, pero en el proposicional se formulan proposiciones haciendo uso de varios conceptos. Este hecho permite establecer que el 67% de los estudiantes logran el nivel que se pretendía alcanzar, pues hacen uso de varios conceptos, establecen conexiones entre los demás sistemas del cuerpo y realizan una interpretación de lo que es el proceso de la respiración, haciendo uso adecuado del lenguaje.

De acuerdo con la categorización de Tamayo (2003), tomada en cuenta en la revisión de la literatura, los estudiantes que lograron el nivel de aprendizaje proposicional se ubican en la categoría que considera la respiración como un proceso celular responsable de la transformación de la energía, que es la explicación científica. Esto es respaldado por el hecho de que los aprendices toman en cuenta los intercambios que se dan a nivel celular y no consideran que el intercambio que se da a nivel pulmonar sea el único; reconocen el papel preponderante de los pulmones dentro del proceso de la respiración, pero también el rol que desempeñan las células. Además de la importancia de que a las células llegue oxígeno para que éstas puedan cumplir con sus funciones

El aprendizaje conceptual y el proposicional tienen una estrecha relación, pues el segundo depende en gran medida del primero, es necesario que los conceptos adquiridos hayan sido correctamente asimilados, además son necesarias ideas relevantes en la estructura cognitiva del aprendiz. Por esta razón, ubicar a los estudiantes en un nivel u otro resulta ser una tarea compleja; es necesario tener clara la diferencia entre un tipo de aprendizaje y otro para comprender que las respuestas de las estudiantes trascienden las simples asimilaciones o asociaciones. El mismo Ausubel incluso, expone la estrecha relación entre los tipos de aprendizaje y lo complejo que es alcanzar el último nivel. Sin embargo, los resultados obtenidos tanto en los cuestionarios

como en las entrevistas revelan la evolución conceptual alcanzada por los estudiantes, además de haber alcanzado ya la asimilación de conceptos.

Comparando las respuestas de la indagación inicial con las de intervención, se establece entonces que los subsumidores de los educandos han evolucionado, se han modificado, tornándose más diferenciados. Además, hay que tener en cuenta la que los estudiantes estaban dispuestos a aprender, condición necesaria para que se de el aprendizaje significativo.

### 7.2.7. Efectos esperados

De acuerdo con la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, también es importante la predisposición que muestra el estudiante para aprender, por esta razón, se consideró importante evaluar aspectos como la motivación, el trabajo en grupo y la comprensión del proceso, logrados después de intervenir con cada una de las actividades propuestas.

Para esto, Arnal, *et al.*, (1992) propone una matriz en la que se observan los efectos reales en comparación con los efectos esperados que se tuvieron en cuenta durante la planificación.

Horizontalmente se registran los niveles esperados y verticalmente las actividades que se han planificado con el fin de alcanzar dichos resultados. No se espera que las diferentes actividades contribuyan de la misma manera a lograr un aprendizaje significativo o que logren el mismo efecto previsto. (*Ibíd.*). Para este caso, los símbolos que se utilizaron para mostrar los niveles de apreciación de los efectos esperados en cada una de las actividades, se resumen en las siguientes convenciones:

<b>Esperado</b>	<b>Real</b>	<b>Positivo</b>	<b>Regular</b>	<b>Negativo</b>
E	R	+	0	-

**Figura 9.** Convenciones utilizadas para detectar los efectos esperados.

En la matriz, cada símbolo identifica un estudiante, participante de cada una de las actividades propuestas y se diferencian entre los efectos esperados (E) y los reales (R). En la planificación de esta investigación, se asumieron los efectos esperados como positivos (+), pues se esperaba que los estudiantes tomaran efectivamente las actividades propuestas.

La matriz incluye las actividades que se consideran potencialmente significativas (actividad experimental y la simulación computacional) y los efectos de cada una éstas en los estudiantes de forma individual. Asimismo, en el ítem comentario, se hace el análisis de los efectos producidos.

Actividad	Motivación		Trabajo en grupo		Comprensión del proceso de la respiración	
	E	R	E	R	E	R
Actividad experimental	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	+++	+++	+++	+++	+++	+ - 0
	+++	++0	+++	+00	000	- 00

**Comentario:** los estudiantes sintieron una gran motivación al saber que se haría una actividad diferente a la de la clase magistral. Sólo un estudiante no mostró agrado a la hora de ingresar al laboratorio, al parecer porque pasadas experiencias sembraron en él la creencia de que este tipo de trabajos literalmente *“no sirve para nada”*. Sin embargo, durante la actividad se mostró receptivo, pero procuraba no dejar ver sus emociones al respecto.

El trabajo en grupo se dificultó por parte de tres escolares, quienes que no mostraron interés para trabajar con otros compañeros debido a diferencias que manifestaron tener durante jornadas deportivas; es decir, que las relaciones personales interfirieron de alguna manera con el trabajo en grupo.

En cuanto a la comprensión del proceso de la respiración, la actividad experimental permitió la visualización de dos conceptos importantes, como lo son el de la inhalación y la exhalación; sin embargo, no se logró un conocimiento profundo, aunque era de esperarse que por sí sola, esta actividad no propiciara un aprendizaje significativo pero si una evolución conceptual, evidenciada en las conversaciones informales que se establecieron con los educandos.

<b>Simulación</b>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<b>computacional</b>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	+++	+++	+++	+++	+++	+ 0 0

**Comentario:** en cuanto a la motivación, puede decirse que fue del 100% de los estudiantes como se esperaba. Este logro se debe a que las actividades mediadas por el uso de las TIC favorecen los procesos de enseñanza y propician ambientes de aprendizaje; esto se evidencia en las expresiones que utilizaron los educandos a la hora de ingresar a la sala de informática: *“Profe que nota ir a la sala a una clase diferente a la de informática”*; *“...que bueno, espero que volvamos pronto”*; *“...éste me pareció un trabajo muy bueno, además trabajar en los computadores es muy chévere porque uno aprende más y no se aburre tanto como en el salón”*. Expresiones de este tipo son de gran valor a la hora de realizar un trabajo como éste, porque evidencian la predisposición de los estudiantes hacia las propuestas educativas mediadas por las herramientas computacionales. Además, es importante en el sentido que aporta evidencias para mostrar la conveniencia de implementar las TIC en el aula de clase.

El trabajo en grupo mejoró notablemente en esta fase, pues al mostrar interés en la simulación, los estudiantes dejaron de lado los roles que se generaron anteriormente y que dificultaron el trabajo durante la actividad experimental. Podría este hecho dar luces a mejorar el trabajo cooperativo

en el aula de clase y generar actividades que promuevan la cooperación en aras de mejorar la calidad de la educación.

Por otra parte, la comprensión del proceso de la respiración se dio en un gran porcentaje de estudiantes; esto muestra que de alguna forma las simulaciones computacionales favorecen el aprendizaje significativo; si bien, éste no se produjo en el 100% de los educandos, si podría hablarse de una evolución conceptual en aquellos estudiantes que no lograron el nivel esperado, pues de igual manera, mostraron un avance significativo en las explicaciones del fenómeno de la respiración, respaldado en las comparaciones que se establecieron entre las ideas encontradas en el diagnóstico inicial y las ideas halladas posterior a la intervención con la simulación. Este hecho contribuye a la idea de que las simulaciones informáticas permiten construir entornos de aprendizaje constructivista.

**Figura 10.** Matriz Efectos esperados vs. Efectos reales

## 8. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una experiencia relacionada con el desarrollo de una propuesta educativa sobre el uso de las TIC en la formación científica de los estudiantes de sexto grado. Se implementó material potencialmente significativo (simulación computacional y actividad experimental) en el aula, para propiciar un espacio de conceptualización que promoviera el Aprendizaje Significativo.

La experiencia llevada a cabo permite afirmar que la aplicación de la simulación diseñada favorece la comprensión del proceso de la respiración, de modo que los estudiantes que lo han utilizado alcanzan un mayor grado de familiarización con los conceptos.

Los resultados de esta investigación, permiten observar que se logra un nivel de aprendizaje significativo proposicional en la mayoría de los casos (67%), pues los estudiantes realizan conexiones entre todos los conceptos trabajados durante el proceso, haciendo uso del lenguaje científico. No se logra que el 100% de los estudiantes alcancen el último nivel de aprendizaje significativo; no obstante, esto no se limita a errores en el material, sino posiblemente a que algunos aprendices no mostraron una predisposición lo suficientemente necesaria como para propiciar el Aprendizaje Significativo.

Las actividades de simulación computacional, permiten el aprendizaje significativo, favorecen la comprensión de muchos fenómenos con los cuales los estudiantes, bajo condiciones reales, no podrían trabajar. Además, ofrecen a los estudiantes la posibilidad de interactuar, manipular, explorar y descubrir, estableciendo conexiones con el contexto real.

Este estudio nos indica que la realización de actividades experimentales para la apropiación del proceso de la respiración, representa un avance importante en el desarrollo del proceso de aprendizaje significativo porque ejerce una

influencia positiva en la predisposición del individuo para aprender, condición necesaria para que se de el aprendizaje significativo.

En cuanto al proceso de la respiración, se evidencia un cambio notable en el uso de conceptos y en el lenguaje, se evidencia una evolución conceptual, manifestada en cada una de las respuestas de los estudiantes, después de implementar la simulación computacional. Después de la aplicación de las actividades de intervención, los aspectos teóricos difieren en gran medida de los hallados en la etapa de indagación de ideas previas; ahora la respiración es concebida así por los estudiantes:

- Proceso necesario para mantener la vida y en el que intervienen todos los órganos del cuerpo.
- Un fenómeno en el que el sistema circulatorio es el primer aliado, pues constituye un canal que transporta el oxígeno.
- Un intercambio de gases a nivel de los pulmones, pero también a nivel celular.
- Existen diferentes mecanismos de respiración; sin embargo, el proceso es homólogo en cuanto a la necesidad de recibir oxígeno y eliminar el bióxido de carbono.

Estos resultados parecen moderadamente satisfactorios y alientan a seguir avanzando posteriormente en esta línea de trabajo, utilizando este u otro software con los estudiantes y evaluando de forma cualitativa los resultados del proceso educativo.

Los resultados obtenidos en este grupo de estudiantes, permite observar que para ellos diseñar un experimento significa, fundamentalmente, establecer qué y cómo medir y que los aspectos teóricos son los referentes que hacen que a través de la experimentación puedan ser comprobados. El trabajo experimental es independiente del teórico.

## **9. IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y PERTINENCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Las cuestiones que se refieren a la tecnología y a la forma de conectarla con la ciencia, dejan ver algunas dificultades y limitaciones del pensamiento del profesorado (en formación y en ejercicio). Esas limitaciones cuestionan su preparación para introducir adecuadamente las TIC en la Enseñanza de las Ciencias; que es sin duda, uno de los principales retos de la educación actual.

En el plano didáctico, el uso de simulaciones computacionales supone un avance en el proceso de enseñanza- aprendizaje de las ciencias en general, no sólo porque permiten visualizar fenómenos que de otra forma serían inaccesibles, sino porque facilitan el aprendizaje (Hodson, 1994); sin embargo, el diseño de estas actividades requiere por parte del profesorado un conocimiento adecuado de las características de cada programa y una reflexión didáctica sobre los objetivos de la enseñanza.

Estas ventajas del uso de las simulaciones no pueden hacernos olvidar la necesidad de seguir investigando en este campo. La investigación educativa debe contribuir a optimizar las estrategias docentes y a superar convicciones sustentadas por el sentido común, como lo es el hecho de que las simulaciones facilitan siempre el aprendizaje. Por esta razón, ésta es una propuesta de investigación que queda abierta a indagaciones más profundas y a críticas, y que además espera obtener más resultados que ayuden a profundizar en lo que se conoce sobre la implementación de las simulaciones en la Enseñanza de las Ciencias, en especial en el campo de la biología.

Por otra parte, Investigaciones de este tipo, permiten buscar alternativas para mejorar la calidad de la educación, especialmente en el área de Ciencias Naturales, pues algunos conceptos de gran complejidad han sido difíciles de abordar. Para este caso, el uso de simulaciones puede convertirse en una herramienta apropiada para explicar alguna temática.



En cuanto a la actividad experimental, deben erradicarse los mitos acerca de la implementación de este tipo de trabajos y debe reconocerse su potencial en cuanto a la contribución que éstas hacen a la evolución de ideas previas a ideas más elaboradas. La inclusión de este tipo de estrategia de enseñanza favorece las interacciones entre los estudiantes y los profesores, con lo que se propicia la construcción social del conocimiento.

El desarrollo de la experimentación en la Enseñanza de las Ciencias desarrolla en los estudiantes actitudes positivas como el ingenio, la creatividad, la motivación, las inquietudes, el deseo de investigar; lo que permite un proceso de aprendizaje óptimo y una visión más amplia de los fenómenos que ocurren en el mundo que nos rodea.

El maestro, mediante su práctica docente, no debe sólo dominar el conocimiento científico, sino también atender a las necesidades de sus estudiantes y de la sociedad en general, incorporando las TIC y las actividades de laboratorio en sus dispositivos pedagógicos. No se trata de un innovar por innovar, sino de implementar estrategias con fines pedagógicos y didácticos y conocer las capacidades y las limitaciones de las tecnologías para facilitar los procesos de formación.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ACEVEDO, J. A.** *Análisis de algunos criterios para diferenciar entre Ciencia y Tecnología.* En: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo12.1998>.

**ALDA, F. L.** (2003). La informática en ciencias de la tierra y geología: uso de un sistema de información geográfica. *Compartir para Renovar, Boletín del centro de Profesores y de Recursos la Almunia de doña Godina (Zaragoza)*, 24. En: [http://www.cpralmunia.com/boletines\\_pdf/n15.pdf](http://www.cpralmunia.com/boletines_pdf/n15.pdf)

**ALTAREJO, F.** (1998). La desintegración informática-escuela. *Educación y Educadores*. Bogotá. Vol. 2, pp. 15-24.

**ÁLVAREZ, I. et al.** (2005). Construir conocimiento con soporte tecnológico para un aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/1058alvarez.pdf>

**ÁLVAREZ, I. & KILBOURN, B.** (2005). La integración de las tecnologías de la información y la comunicación en la formación del profesorado: desafíos para enseñanza y aprendizaje constructivista. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/1206Alvarez.PDF>

**ÁLVAREZ, S. M. & CARLINO, P. C.** (2004). La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio en biología. *Enseñanza de las Ciencias*. 22 (2), pp. 256.

**ALVIRA M, Francisco.** (1997). *Metodología de la evaluación de programas: un enfoque práctico*. Argentina: Editorial Lumen / Hvmanitas.

**ARNAL, J. et al.** (1992). Investigación educativa. Fundamentos y Metodología. Capítulo II, *Investigación Evaluativa*, pp. 213 - 262. Barcelona: Labor.

**AUDESIRK, T. & G.** (1996). *Biología: La vida en la tierra*. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., cuarta edición. México, pp. 605-616.

**AUSUBEL, D. et al.** (1993). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, pp. 622.

**AVIRAM, R.** (2002): *¿Conseguirá la educación domesticar a las TIC? Ponencia II Congreso Europeo de Tecnología de la información*, Barcelona. En: <http://tecnologiaedu.us.es/bibliovir/pdf/pon1.pdf>

**BARBERÁ, O. & VALDÉS, P.** (1996). "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión". *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (3), pp. 365-379.

**BEJARANO, A. et al.** (2001). *Educación virtual: ¿renovación o transformación? El hombre y la máquina*. Cali, 16, pp. 4-11.

**BERGERO, I. & ESNAOLA, G.** (2006). Nuevos retos para la formación universitaria de los comunicadores: ¿Cómo se construye el aprendizaje mediado por las TICs? *Revista Iberoamericana de Educación*, 39. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/1449Bergero.pdf>

**BETANCUR, O.** (1998) El nuevo docente, un diseñador de ambientes de aprendizaje. *Revista Universidad de San Buenaventura*, 8, pp. 59-69. Medellín.

**CAAMAÑO, A.** (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: Una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, pp. 8-19.

**CAAMAÑO, A.** (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de innovación educativa*, 9, pp. 61 – 68.

**CABALLERO, M. C.** (2003). La Progresividad del Aprendizaje Significativo de Conceptos. *Ponencia presentada en el IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*. Texto de apoyo N° 20, Programa Internacional de Doctorado de Enseñanza de las Ciencias; Universidad de Burgos, España; UFRGS, Brasil, pp. 137 – 154.

**CABERO, J.** (1996). Nuevas Tecnologías, comunicación y educación. *EDUTEC: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 1. En: <http://www.uib.es/depart/qte/edutec-e/revelec1/revelec1.html>

**CAÑIZARES, M. & DE PRO BUENO, A.** (2006). El uso de simulaciones en la enseñanza de la física. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 50, pp. 66 - 75.

**CASTELLANOS, B.** (1998). El Paradigma Interpretativo en la Investigación Educativa. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona.

**CORTEL, A.** (1999). Utilización de la informática en el laboratorio. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 19, pp. 77 – 87.

**CHRISTIAN, W.** (2000). Java programming and Internet technologies for undergraduate education. *Computer Physics Communication*, 127, pp. 16 – 22.

**CURTIS, H.** (2000). Biología. Editorial médica Panamericana, quinta edición. Buenos Aires, pp. 1491.

**DOURADO, L.** (2006). Concepções e práticas dos professores de Ciências Naturais relativas à implementação integrada do trabalho laboratorial e do trabalho de campo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1). En: [http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART11\\_Vol5\\_N1.pdf](http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART11_Vol5_N1.pdf)

**EDUTEKA**, *Tecnología de información y comunicaciones para enseñanza básica y media*. Septiembre de 2004. En: [www.eduteka.org](http://www.eduteka.org)

**ENCISO, S. I. et al.** (2005). El diseño de unidades didácticas transversales como estrategia de formación profesoral y de mejoramiento del aprendizaje de las ciencias experimentales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá Colombia. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso.

**FERNÁNDEZ, I. et al.** (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3). En: <http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art10.pdf>

**FÍERRO, L. F.** (2000). El trabajo de laboratorio: un estímulo para el estudio de las ciencias. En: <http://209.85.165.104/search?q=cache:ZXE0fy-KQ80J:redexperimental.gob.mx/descargar.php%3Fid%3D125+EI+TRABAJO+DE+LABORATORIO:+UN+ESTIMULO+PARA+EL+ESTUDIO+DE+LAS+CIENCIAS&hl=es&gl=co&ct=clnk&cd=1>

**FLORES, F. & GALLEGOS, L.** (1993). Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas. *Perfiles Educativos*, 62. Universidad Autónoma de México.

**FLORES, R.** (2004). Formas de explicación del proceso de respiración de las plantas. *Perfiles educativos*, 26 (105 – 106), pp. 125 – 142.

**GARCÍA, A. & GIL, M. R.** (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 2. En: [http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART6\\_Vol5\\_N2.pdf](http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART6_Vol5_N2.pdf)

**GARCÍA, E.** (2007). Los discursos sobre las nuevas tecnologías en contextos educativos: ¿Qué hay de nuevo en las nuevas tecnologías? *Revista Iberoamericana de Educación*, 41. En:

<http://www.rieoei.org/deloslectores/1637Teske.pdf>

**GARCIA, M. & FLORES, R.** (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Perfiles Educativos*, 83/84. Universidad Autónoma de México.

**GARCÍA, P. & MONTOYA, A.** (2005). La nueva era de la enseñanza ante los medios digitales. *Glosas Didácticas: Revista Electrónica Internacional*, 13. En:

<http://www.um.es/glosasdidacticas/GD13/GD13.pdf>

**GARCÍA, P. et al.** (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, (1). En:

<http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art3.pdf>

**GARIBELLO, C. et al.** (2006). El experimento, una concepción de ciencia. *Boletín PPDQ. Revista del sistema de práctica pedagógica y didáctica*, 44, pp. 3 – 6. Bogotá.

**GIL, D. & VALDÉS, P.** (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pp. 155-163.

**GIORDAN, A. et al.** (1998). *Conceptos de biología 1*. Editorial labor S.A. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid-España, pp. 31-63.

**GRANADOS, M. G.** (Julio 2004-Junio 2005). La escuela: desdibujamiento o reconfiguración frente al uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. *Tecnología y Comunicación Educativas*, 19 – 20 (40), pp. 37 – 45. México.

**GUTIERREZ, A.** (2007). Integración curricular de las TIC y educación para los medios en la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 45. En: <http://www.rieoei.org/rie45a06.htm>

**HERNÁNDEZ, C. A.** (2001). El laboratorio y la tecnología en la enseñanza de las ciencias. *Los cuadernos de la escuela: hacia la construcción colectiva del conocimiento*, 7, pp. 87-100. Medellín.

**HERNÁNDEZ, R.** (2007). Metodología de la investigación: enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto. Mc-Graw Hill Interamericana. Cuarta edición. México.

**HERRERA, M. A.** Las Nuevas Tecnologías en el Aprendizaje Constructivo. *Revista Iberoamericana de Educación*. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/821Herrera.PDF>

**HERRERA, M. A.** (2006). Consideraciones para el diseño didáctico de ambientes virtuales de aprendizaje: una propuesta basada en las funciones cognitivas del aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38 (5). En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/1326Herrera.pdf>

**HODSON, D.** (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299 - 313.

**IZQUIERDO, M. et al.** (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 45 - 59.

**KLIX, N.** (2007). Novas tecnologias, educação, formação de professores e construção do conhecimento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 44. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/2179Freitas.pdf>

**LABAÑINO, C. et al.** (2002). La computadora: ¿Un auxiliar en las teleclases?". *Educación. La Habana*, 107, pp. 9 - 13.

**MEN.** (1998). Lineamientos curriculares de ciencias naturales y educación ambiental, pp. 58-101

**LOCK, R.** (1998). Trabajo de campo en las ciencias. *International Journal of Science Education*, 20 (6).

**LÓPEZ, M. & MORCILLO, J. G.** (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), pp. 562 – 576. En: [http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N3.pdf](http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf)

**MARCHISIO, S. et al.** (23 de Marzo al 24 de Abril de 2004). Experiencia con uso de simulaciones en la enseñanza de la física de los dispositivos electrónicos. *LatinEduca2004.com*. Primer Congreso Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia. Del. Línea Temática: Tecnología Educativa.

**MARTÍNEZ, R.** (2000). TIC en la educación / TIC na educação. *Revista Iberoamericana de Educación*, 45. En: <http://www.rieoei.org/rie24a00.htm>

**MEDEIROS, A. & FARIAS, C.** (2002). Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2), pp. 77 - 86. São Paulo.

**MARIE-GENEVIÈVE, S.** (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos del conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 357-367.

**MONTERO, J. L.** (2006). Las tecnologías de la información y las comunicaciones en la sociedad y la educación. *EDUTEC: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 21. En: <http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec21/jmontero.htm>



**MORALES, C. et al.** (2000). Impacto de las Nuevas Tecnologías en la Enseñanza y el Aprendizaje. *Tecnología y Comunicación Educativas*, 14 (32), pp. 35 – 43. México.

**MOREIRA, M. A.** (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Aprendizaje Visor, pp. 9-37.

**MOREIRA, M. A.** (2002). Investigación en Educación en Ciencias: métodos cualitativos. Texto de apoio do Programa Internacional de Doutorado. Em: Ensino de Ciência da Universidade de Burgos/ UFRGS. Vol. 4, pp. 25-35.

**MOREIRA, M. A.** (1997). Mapas Conceptuales y Aprendizaje Significativo. *Revista Galáico Portuguesa de Sócio Pedagogia y Sócio-Lingüística*, Pontevedra/Galícia/España y Braga/Portugal, Nº 23 a 28: 87-95, 1988. Republicado en portugués (1998), en *Cadernos do Aplicação*, Porto Alegre, 11(2): 143 - 156.

**MOREIRA, M. A.** (1996). Organizadores previos como recurso didáctico. Monografías del Grupo de Enseñanza, Serie Enfoques Didácticos, 5, pp. 130 – 162. Porto Alegre.

**OSORIO, Y. W.** (2004). El experimento como indicador de aprendizaje. *Boletín PPDQ. Revista del sistema de práctica pedagógica y didáctica*, 43, pp. 7-10. Bogotá.

**PEÑA, P.** (2007). El saber y las TIC: ¿brecha digital o brecha institucional? *Revista Iberoamericana de Educación*, 45. En: <http://www.rieoei.org/rie45a03.htm>

**PONTES, A.** (1999). Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 19, pp. 53 – 64.

**PONTES, A.** (2005b). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3). En:

[http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_3/Vol\\_2\\_Num\\_3.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_3/Vol_2_Num_3.htm).

**PONTES, A. et al.** (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). En:

[http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero\\_3\\_2/Pontes\\_et\\_al\\_2006.pdf](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_2/Pontes_et_al_2006.pdf)

**RODRÍGUEZ, C. M.** (2004). Enseñar y aprender con tecnología. *DIDAC*, 44, pp.14-17. México.

**SANTOS, G. et al.** (2000) ¿Cómo usar software de simulación en clase de física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17 (1), pp. 50 – 66.

**SEPULVEDA, M. P. & CALDERÓN, I.** (2007). Las TIC y los procesos de enseñanza-aprendizaje: la supremacía de las programaciones, los modelos de enseñanza y las calificaciones ante las demandas de la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 44. En:

<http://www.rieoei.org/deloslectores/2195Ruiz.pdf>

**STOJANOVIC, L.** (2002). El paradigma constructivista en el diseño de actividades y productos informáticos para ambientes de aprendizaje "on-line". *Revista de Pedagogía*, 23 (66). En:

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-97922002000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922002000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

**TAMAYO, O.** (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Iberoamericana de Ciencias Sociales, niñez y juventud*, 1 (1).

**TENREIRO, C. & VIEIRA, R.** (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), pp. 452 – 466.

**TOURINÁN, J. M.** (Enero-Abril 2004). La educación electrónica: un reto de la sociedad digital en la escuela”. *Revista española de pedagogía*, 62 (227), pp. 31-54.

**VILCHES, A. & FURIÓ, C.** (1999). Ciencia, Tecnología, Sociedad: Implicaciones en la Educación Científica para el Siglo XXI. *I Congreso Internacional "Didáctica de las Ciencias" y VI Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física*. En: <http://www.campus-oei.org/salactsi/ctseducacion.htm>

**WERNER, C. et al.** (2007). Atividades experimentais nas séries iniciais: relato de uma investigação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 263-274. En: [http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART3\\_Vol6\\_N2.pdf](http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART3_Vol6_N2.pdf)

## 11. ANEXOS

### ANEXO 1.

#### PRIMER INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS

#### INDAGACIÓN DE CONCEPTOS PREVIOS Taller

Nombre: \_\_\_\_\_

Grado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

I. Sobre el círculo, señala con una X los órganos que creas que hacen parte del sistema respiratorio y en las líneas que se encuentran al lado de la figura, justifica por qué la elección:



Corazón

---

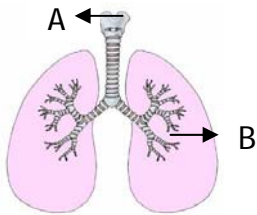
---

---

---

---

---



A. Tráquea

B. Pulmones

---

---

---

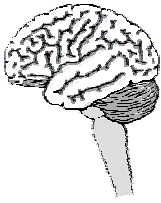
---

---

---

---

---



Cerebro

---

---

---

---

---

---

---

---



Estómago

---

---

---

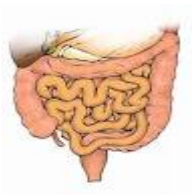
---

---

---

---

---



Intestino

---

---

---

---

---

---

---

---



Riñón

---

---

---

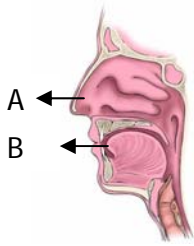
---

---

---

---

---



A

B

A. Nariz

B. Boca

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Hígado

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**II. Apareamiento:** Al frente de la columna A coloca la letra que corresponda de la columna B

**Columna A**

- 1. Órgano a través del cual respiran los insectos y algunas arañas. \_\_\_\_\_
- 2. Aquí se da el intercambio de gases entre la sangre y el aire respirado. \_\_\_\_\_
- 3. Conduce el aire desde la tráquea a los alvéolos pulmonares. \_\_\_\_\_
- 4. Debe recoger las sustancias que las células no necesitan, debe llevar alimento y oxígeno a todas las células de tu cuerpo. \_\_\_\_\_

**Columna B**

- a) Bronquios
- b) Sangre
- c) Alvéolo
- d) Pulmones
- e) Tráquea

## ANEXO 2.

### SEGUNDO INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS

#### Segundo cuestionario

Nombre: \_\_\_\_\_

Grado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Responda:

1. ¿Cuál crees que es el recorrido que hace el “aire” que tomamos, desde que entra a nuestro cuerpo hasta que sale?

---

---

---

---

---

---

---

---

2.



¡¡Hola yo soy Mafalda y quiero pedirte un favor muy especial!! Es que tengo un gran problema...

...Resulta que la semana pasada no fui a estudiar, y mi profesora explicó el proceso de respiración en los humanos. Un compañero me contó que el sistema respiratorio está vinculado con otros sistemas del cuerpo humano; por ejemplo, con el sistema circulatorio porque el oxígeno que tomamos del aire llega a nuestra sangre y la purifica... además, me contó que también intervienen el sistema nervioso y el sistema digestivo. ¿Tú qué opinas? ¿Será esto cierto o no? ¿Cómo se relaciona el sistema respiratorio con los demás sistemas del cuerpo humano?



Ayuda a Mafalda a solucionar este problema.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**3.** Liliana tuvo un accidente, una barra de acero atravesó su pecho; a causa de esto, ella perdió su pulmón derecho. ¿Crees que Liliana podrá vivir sin uno de sus pulmones? ¿Por qué?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**4.** Escribe si crees que la siguiente frase es falsa o verdadera y por qué:

*“La lombriz de tierra y ciertos gusanos que viven en el agua respiran a través de la piel”.*

---

---

---

---

---

---

---

---





**ANEXO 3.**  
**PRÁCTICA DE LABORATORIO**  
**MODELO PULMONAR<sup>1</sup>**

**Aspectos teóricos**

Para facilitar la comprensión del proceso de la respiración, éste puede dividirse en las siguientes fases sucesivas:

- Ventilación pulmonar o proceso mecánico
- Intercambio gaseoso entre los alvéolos pulmonares y la sangre
- Transporte de los gases hacia los tejidos por medio de la sangre
- Intercambio gaseoso entre la sangre y las diferentes partes del cuerpo
- Respiración celular

En esta actividad se estudiará la primera fase, es decir, el proceso mecánico de la respiración. Este proceso comprende los movimientos respiratorios de inspiración y espiración, los cuales se originan como consecuencia de la contracción de los músculos respiratorios y permiten la entrada y salida constante de aire en los pulmones.

**Objetivos**

- Comprender los mecanismos de la respiración.
- Permitir la articulación de los aspectos teóricos, mediante las evidencias observacionales

---

<sup>1</sup> [Sin autor]. Procesos mecánicos de la respiración. En: [www.cenamec.org.ve/html/herramientas/actividades/act09.htm](http://www.cenamec.org.ve/html/herramientas/actividades/act09.htm). Consultada el día 15 de junio/2006.

- Establecer relaciones entre los órganos del aparato respiratorio y la función que cumplen.
- Establecer relaciones entre la respiración, el ejercicio físico y la salud.

### **Materiales:**

- Botella de refresco de dos litros con su tapa
- 1 globo pequeño
- 1 globo grande
- 1 pitillo
- Navaja
- Tijeras
- 1 clip
- 1 vela o mechero
- Plastilina
- 2 ligas
- Cinta métrica
- Cronómetro o reloj con segundero
- Láminas del aparato respiratorio

### **Actividades previas a la práctica:**

- Comenta y discute con tus compañeros acerca de los movimientos y posiciones de tus costillas, músculos, pulmones diafragma, columna, esternón, boca y nariz.
- Con la cinta métrica, anota las diferencias en el contorno del tórax durante la inspiración y la espiración.

### **Construcción del modelo (procedimiento):**

1. Desenrolla el clip y calienta un extremo al rojo vivo, cubriendo previamente el otro extremo con varias capas de papel o tela a manera de aislante. Haz con el alambre caliente un orificio en la tapa de la botella de refresco y agréndalo hasta que permita el paso de un pitillo.
2. Atraviesa la tapa con el pitillo. Si el orificio quedó muy grande, séllalo con plastilina.
3. Conecta con el extremo del pitillo que hace contacto con el interior de la botella, un globo pequeño, sujetándolo con una de las ligas.
4. Recorta el fondo de la botella.
5. Cubre el fondo con la mitad de un globo grande, procurando que quede tirante y cerrado de forma hermética. Sujételo con la otra liga.
6. Hala con cuidado la lámina de goma (el globo cortado que actúa como base de la botella) hacia abajo y anota lo que le sucede al globo interior.
7. Discute los resultados con tus compañeros. Dirige la discusión hacia estas preguntas:
  - ¿Qué representan en el cuerpo el pitillo, el globo interno, la botella y la lámina de goma?
  - ¿Qué movimientos respiratorios representa este experimento?
  - ¿Queda aire residual en el globo interno? ¿Y en nuestros pulmones?
  - ¿Qué diferencia hay entre el modelo y la realidad?
8. Con ayuda del cronómetro, determina la frecuencia respiratoria (número de inspiraciones por minuto) antes y después de una actividad física (por ejemplo, trotar en un mismo lugar durante 3 minutos) ¿Hay alguna diferencia? ¿Y en el contorno del tórax?
9. Sopla por el pitillo y observa cómo cambia el volumen del globo con respecto a simplemente halar de la lámina ¿Cómo se relaciona con el efecto de una inspiración forzada?
10. Obstruye el paso del aire por el pitillo con plastilina y hala la lámina de goma ¿Qué ocurre?

## ANEXO 4.

En este anexo se encuentra la simulación diseñada, en el programa Macromedia Flash 8, para explicar el proceso de la respiración.

Hay que tener en cuenta varias recomendaciones para ver la simulación:

- No es necesario tener instalado el programa, puede visualizarse en Internet Explorer.
- Para abrir la simulación, abra la carpeta que dice simulación y siga los siguientes pasos:
  1. Abra el index que aparece con el símbolo  $f$ , no abra el index que se encuentra comprimido.
  2. Para salir presione la tecla Esc.
  3. La simulación como tal, es sólo del proceso de la respiración pulmonar, para ver paso por paso, presiones en la parte inferior los botones iniciar, atrás o siguiente. En cada paso, saldrá al lado una pequeña ventana que explica lo que sucede en ese momento.
- Es importante seguir el orden de la simulación, para recrear el momento de la aplicación y entender el por qué fue diseñada de esa manera.
- Cada botón debe llevarlo a una nueva página o ventana.
- Si no puede visualizar el trabajo en Internet Explorer, instale Macromedia Flash.

- En la ventana partes del sistema respiratorio, pase el Mouse sobre cada círculo y aparecerá la función de cada uno.



## ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS



*Fotografía 1. Introducción de organizadores previos.*



*Fotografía 2. Trabajo con organizador previo.*





**Fotografía 3.** Reflexión del organizador previo.



**Fotografía 4.** Un día normal en el aula de clase.