

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

**LA MECÁNICA DE LA INHALACIÓN:
ESTUDIO DE UN MODELO DE
AUMENTO Y DISMINUCIÓN DEL VOLUMEN DE LA CAJA TORÁCICA¹**

**MECHANICS OF ASPIRATION:
A STUDY OF INCREASE-DECREASE VOLUME MODEL OF RIBCAGE**

Por: K. Acosta², A. Avendaño³, L. Baquero⁴, K. Cabarcas⁵, O. Gómez⁶

Resumen:

A partir de un meticuloso proceso de estudio de la aspiración se diseña, construye y utiliza un dispositivo se pretende estudiar la mecánica de la respiración, orientado a responder *¿qué causa la inhalación?*. Se produjo un modelo de caja torácica que muestra el incremento y decremento de su volumen por la simple contracción y relajación de un grupo de músculos que produce variaciones geométricas que inducen el flujo de aire, mostrando que el modelo más utilizado en el que el desplazamiento de una membrana adosada a un recipiente de paredes rígidas que induce la expansión de uno o dos globos que representan los pulmones, contribuye a establecer un concepto erróneo de la inhalación del aire.

Palabras claves: Aspiración, Caja Torácica, modelo experimental entrada y salida del aire.

1 Este documento surgió a partir del seminario de “Comprensión de lo vivo”, de la maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional, desarrollado en el segundo semestre de 2012, dirigido por los profesores Steiner Valencia, Olga Méndez y Gladys Jiménez

2 Katherin Acosta García, ktbiologa@yahoo.com

3 Ana Cecilia Avendaño Chaves, anac823@hotmail.com, Docente IED Villa Rica, Magíster en Docencia de las Ciencias Naturales, UPN.

4 Lady Yamile Baquero Poveda, ladybaquero@yahoo.com, Docente INEM Tunal, Magister en Docencia de las Ciencias Naturales UPN

5 Katherin Cabarcas Bolivar, katycab1984@hotmail.com, Docente IED CEDID Ciudad Bolívar, Magister en Docencia de las Ciencias Naturales UPN

6 Otto Gómez, ogomez@pedagogica.edu.co, Docente IED Manuel del Socorro Rodríguez, Magister en Docencia de las Ciencias Naturales UPN, Catedrático Diseño Tecnológico UPN

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Abstract:

As an approach to understand respiration, was studied the aspiration, an apparatus was developed, constructed and used to resolve question ¿What produces the air intake?. Was constructed a model of the Ribcage, that increase-decrease volume by muscle contraction-relaxation to induce varying geometries and air flows. Against model of an expansion of two globes by a moving membrane, that produce a misconception of pulmonary air inlet.

Key Words: Aspiration, Modelization, Ribcage, air inlet-outlet experimental model

Introducción

La respiración es un fenómeno complejo que incluye aspectos físicos, químicos y biológicos. Desde el punto de vista biológico se circunscribe el fenómeno a la respiración de los seres humanos, sin tocar los aspectos químicos que suceden dentro de las células, ni la difusión, ni el transporte de los gases a través del torrente sanguíneo y los flujos corporales.

Un aspecto físico de la respiración corresponde a la mecánica de la ventilación relacionada con los movimientos del aire que entran y salen de los pulmones por las vías respiratorias. El fenómeno de la inhalación, se limita a la entrada del aire a los pulmones, que es posible gracias al aumento del volumen de la caja torácica a causa de la contracción de los músculos torácicos, obligando la ampliación de los pulmones haciendo que el aire entre a raudales.

Por lo tanto es posible elaborar un modelo que muestre el mecanismo por el cual se observe la forma en que la deformación de la caja torácica obliga la entrada y salida del aire.

Marco Teórico

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Giordan (1988) señala que la respiración⁷ es un concepto complejo que, promueve la creación de artefactos que expliquen diferentes aspectos, así para simular el mundo natural y enriquecer sus explicaciones “se ve la necesidad de proponer modelos y diseñar experimentos” (Valencia, Méndez, Jiménez, 2012). Para hacer el estudio de la respiración se utilizó la estrategia de *investigación dirigida* (Pozo & Gómez, 1998), que emula la actividad científica, que consiste en la construcción y validación de modelos (Chamizo, 2010) y como ésta no empieza con los hechos sino con las preguntas, se procedió a escoger la mecánica de la respiración de los seres humanos y se planteó la pregunta *¿Qué causa la inhalación?*

En la descripción del aparato respiratorio Guyton (2006) señala que la respiración se puede dividir en cuatro funciones: ventilación pulmonar, difusión en los alvéolos y los capilares, transporte por la sangre y los líquidos corporales a las células y desde ellas y regulación de la ventilación. *La ventilación pulmonar* sucede dentro de los pulmones, que están incluidos en la cavidad torácica que a su vez están contenidos por la pleura (Rodríguez, 2013). La cavidad torácica es cerrada y no tiene comunicación con la atmósfera ni con ninguna otra cavidad del organismo. La parte superior y los costados están limitadas por las costillas en tanto que la parte inferior se extiende el diafragma que es un músculo estriado. El aumento de volumen de caja torácica hace que los pulmones se expandan. En la *respiración en reposo*, el diafragma se contrae y aumenta el volumen de la cavidad torácica⁸. En la respiración

7 “ El estudio de las funciones en los seres vivos desde sus complejidades estructurales da origen a los denominados aparatos y sistemas; para su comprensión se acude a ideas cotidianas: “duele el estómago por algo que le cayó pesado”, “molestan los huesos porque entro un frío” “se resfrió porque le entro un mal aire”. Este conocimiento se sustenta sobre una imagen del mundo que privilegia las estructuras por encima de las interacciones. Este sucinto panorama de las prácticas de enseñanza de la respiración y de las imágenes que las agencian, nos lleva a formularnos preguntas como: *¿Qué marcas históricas, persisten en el concepto de respiración (por ejemplo que la analogan con el soplo vital) y de qué manera nos relacionamos con ellas?* ¿En qué medida dar cuenta de la respiración aporta a la comprensión de los seres vivos? ¿Qué experiencias y condiciones pedagógicas constituyen la respiración como un campo conceptual que aporta a la comprensión de los organismos? ¿Qué condiciones epistemológicas hacen posible artificializar la experiencia en torno a la respiración y constituirla como un problema de conocimiento? Estas y otras preguntas, abren la posibilidad de constituir la respiración como un espacio problemático del que podemos elaborar diferentes rutas y formas explicativas para su comprensión”. (Valencia, Méndez, Jiménez, 2012)

8 “Durante la inspiración, la contracción del diafragma tira de las superficies inferiores de los pulmones hacia abajo. Después, durante la espiración, el diafragma simplemente se relaja, y es el retroceso elástico de los pulmones, de la pared torácica y de las estructuras abdominales el que comprime los pulmones” (Guyton, 2006)

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

durante el ejercicio, los músculos intercostales externos elevan las costillas inferiores, aumentando las dimensiones lateral y anterior del tórax. Los músculos escalenos y esternocleidomastoideos elevan y llevan hacia afuera las costillas superiores y el esternón para aumentar el diámetro de la cavidad torácica (Tortora, 2008)⁹. El movimiento del parénquima pulmonar se debe a la pleura que está compuesta por dos membranas por entre las cuales circula el líquido pleural que permite que resbalen entre sí, una membrana está adosada a la caja torácica y se denomina pleura parietal, y la otra está adosada a los pulmones y se llama pleura visceral. La separación entre las membranas es tanto como el espesor de dos moléculas de líquido, así que, cuando se amplía la caja torácica también se expande la pleura parietal, la pleura visceral es arrastrada tras de sí a causa de la tensión superficial del líquido que impide la separación de las dos membranas, ocasionando la expansión del parénquima pulmonar (Noriega,2011).

Metodología

A partir del análisis de la circulación del aire en los pulmones, se plantean diversos aspectos que se tendrán en cuenta en la elaboración de un modelo físico que permita tener en cuenta lo aprendido. Los flujos de aire que entran y salen de los pulmones son producidos por cambios de volumen de la caja torácica, la pregunta asociada a este fenómeno será *¿qué produce los cambios de volumen en la caja torácica?*, para responderla se creó un artefacto que permitió dar cuenta de la expansión de la caja torácica a causa de la modificación de su geometría, tal como se describe en el Cuadro 1.

Descripción del modelo de la caja torácica

El modelo consiste en un marco de madera dentro del cual se encuentra un prisma hexagonal¹⁰

9 Esta maniobra expande los pulmones debido a que, en la posición natural de reposo, las costillas se dirigen hacia abajo. Lo que permite que el esternón caiga hacia atrás, hacia la columna vertebral. Pero cuando la caja torácica se eleva, las costillas se proyectan casi directamente hacia adelante, de forma que el esternón se dirige hacia adelante, alejándose de la columna, lo que hace que el espesor antero posterior del tórax sea aproximadamente un 20% mayor durante la inspiración forzada que durante la espiración.

10 Una columna que tiene como base la figura de un hexágono, figura de seis lados.

Descripción del modelo de la caja torácica

El prisma hexagonal está conformado por dos secciones cuadradas de madera de balsa de 8 cm y 11 cm de longitud. Las cuales se unen con cuatro hexágonos de alambre que se pueden inscribir en un rectángulo de 5 cm por 6 cm.

La sección de 11 cm hace de columna fija, y equivale a la columna vertebral, puesto que se mantiene estable durante la inspiración-exhalación.

La sección de 8 cm hace de columna móvil y representaría el esternón que se mueve hacia arriba y hacia abajo respecto al marco, gracias a la acción de una cuerda.

Uniéndolas dos columnas se encuentran los cuatro anillos hexagonales de alambre que pueden girar haciendo pivote en la columna fija mientras que la columna móvil se mueve hacia arriba y hacia abajo.

El dispositivo se encuentra rodeado por una envoltura de látex (un preservativo lubricado) que puede variar su volumen, esta envoltura se cierra sobre una manguera transparente de 3 mm de diámetro.

Dentro del marco que coloca la columna fija, la madera de 11 cm, impidiendo su movimiento, la columna móvil se mueve hacia arriba y hacia abajo mediante una cuerda que representará los músculos que desplazan el esternón y las costillas.

Cuadro 1. Descripción del modelo de la caja torácica

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Los supuestos para el desarrollo del modelo son: *durante el ejercicio*, los músculos elevan las costillas y el esternón para aumentar el diámetro de la cavidad torácica; y el parénquima pulmonar es arrastrado por la caja torácica gracias a las membranas de la pleura que resbalan en entre sí sin separarse, así la ampliación y contracción de la caja torácica arrastran el parénquima pulmonar produciendo su expansión y retracción como si fueran un sólo cuerpo. Por lo tanto observar la ampliación y reducción del modelo es equivalente a observar el mismo movimiento en los pulmones.

Inicialmente el sistema está en "reposo" y tiene un volumen de 102 cm^3 , cuando se eleva la columna móvil hasta su mayor altura, mediante una cuerda que disminuye su longitud, se expande el sistema, el volumen aumenta a 120 cm^3 haciendo que la envoltura de látex se dilate.

En el Cuadro 2 se analizan las condiciones que presenta el modelo de la caja torácica cuando está en reposo y cuando se expande por la contracción de una cuerda.

La Figura 1 muestra las condiciones iniciales del modelo y los cálculos para estimar el volumen de aire encerrado.

La Figura 2 muestra las condiciones del modelo cuando se contrae la cuerda y se expande la envoltura de látex, así como la estimación del nuevo volumen de aire encerrado.

En la Figura 3 se muestran fotografías del dispositivo en reposo y en expansión.

Modelo caja torácica en reposo:	Modelo caja torácica expandida:
----------------------------------------	----------------------------------------

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Modelo caja torácica en reposo:	Modelo caja torácica expandida:
<p>La columna larga representa la columna vertebral.</p> <p>La columna corta representa el esternón</p> <p>Los alambres representan las costillas</p> <p>La envoltura de látex contiene cerca de 102 cm³ de aire.</p> <p>Es volumen de aire que puede contener el dispositivo en reposo es de 102 cm³.</p>	<p>La columna larga mantiene su posición.</p> <p>La columna corta se desplaza hacia arriba cerca de 2,5 cm, a causa que disminuye la longitud de la cuerda.</p> <p>Los alambres que representan las costillas se dejan llevar por el movimiento hacia arriba de la columna corta, pero no se deforman.</p> <p>Debido al movimiento la envoltura de látex se estira aumenta su volumen hasta 120 cm³,</p> <p>Puesto que aumenta el volumen de la envoltura, este debe ser llenado por el aire, hasta alcanzar los 120 cm³.</p> <p>Cuando se suelta la cuerda el dispositivo recupera su volumen inicial a causa de la elasticidad del látex, pasando de 120 cm³ a 102 cm³.</p> <p>La contracción del dispositivo obliga la expulsión de los 18 cm³ de aire sobrante</p>

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Cuadro 2. Descripción de las dos posiciones de la caja torácica, en reposo y contraída.

Modelo de la caja torácica en reposo.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

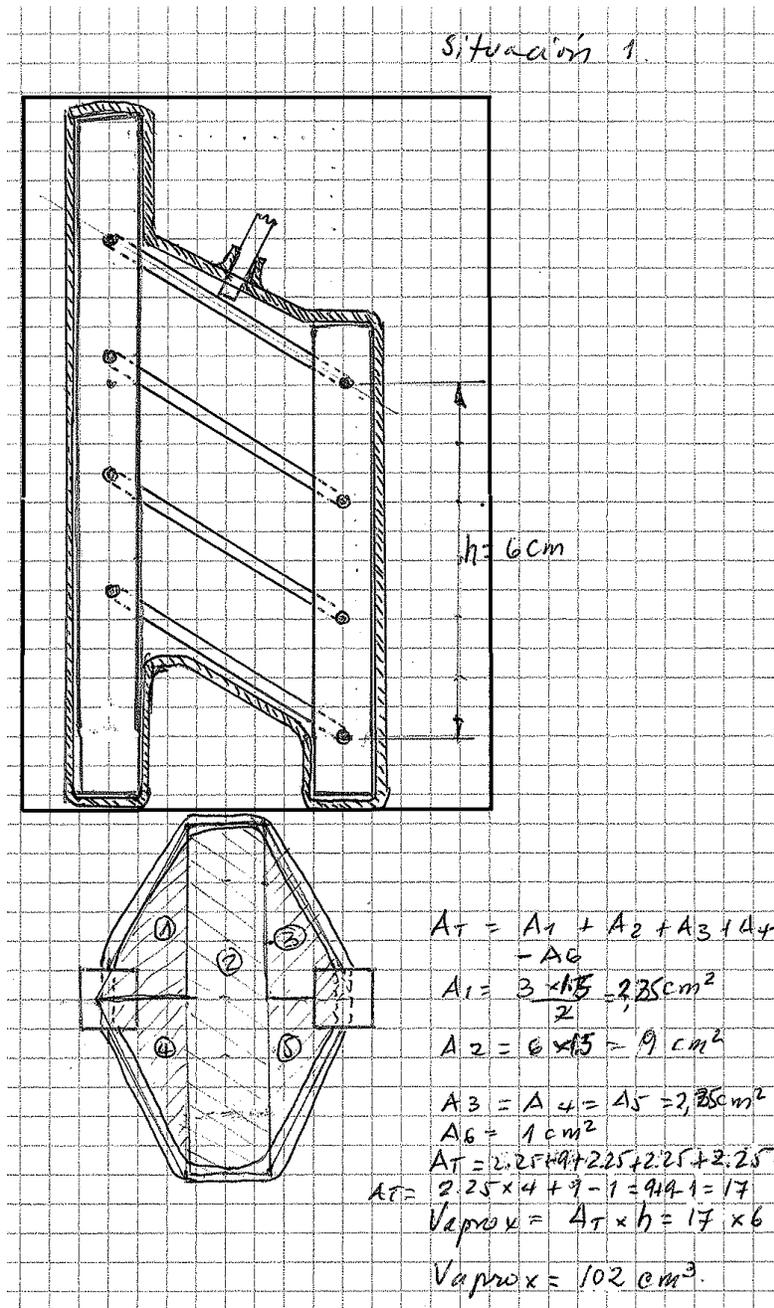


Figura 1. Modelo de la caja torácica en reposo:

La caja torácica se encuentra dentro de un marco rígido, que equivale a la columna

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

vertebral y las clavículas.

Las costillas son rígidas, pero debido a las articulaciones pueden rotar siguiendo el movimiento del esternón hacia arriba y hacia abajo.

La columna corta se puede desplazar por la acción de una cuerda que se tira hacia arriba, simulando la contracción muscular, que hace que se muevan el esternón y las costillas aumentando el volumen del dispositivo.

Modelo de la caja torácica en expansión

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

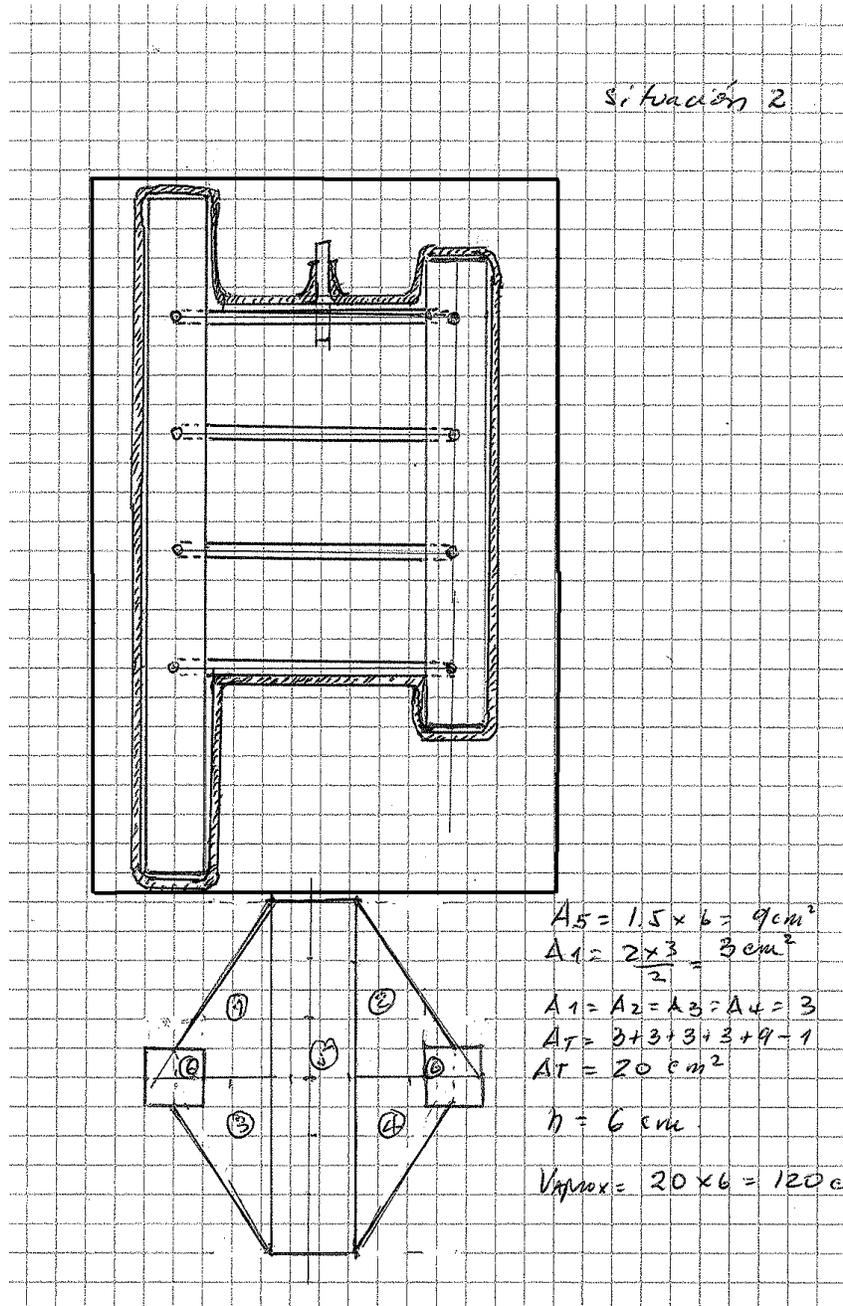


Figura 2. Modelo de la caja torácica expandida:

El dispositivo esta firmemente sujeto al marco fijo y la única parte que se puede mover

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

hacia arriba y hacia abajo es la columna corta.

El movimiento de la columna corta es seguido por los alambres que representan las costillas. Al ser elementos rígidos que no se deforman, el cambio de posición hacia arriba del esternón, obliga el desplazamiento de los alambres que representan las costillas, por tanto se produce un aumento de volumen del espacio encerrado por la envoltura de látex, el nuevo volumen es llenado por el aire exterior hasta que se compensan la presión dentro del recipiente con la presión exterior.

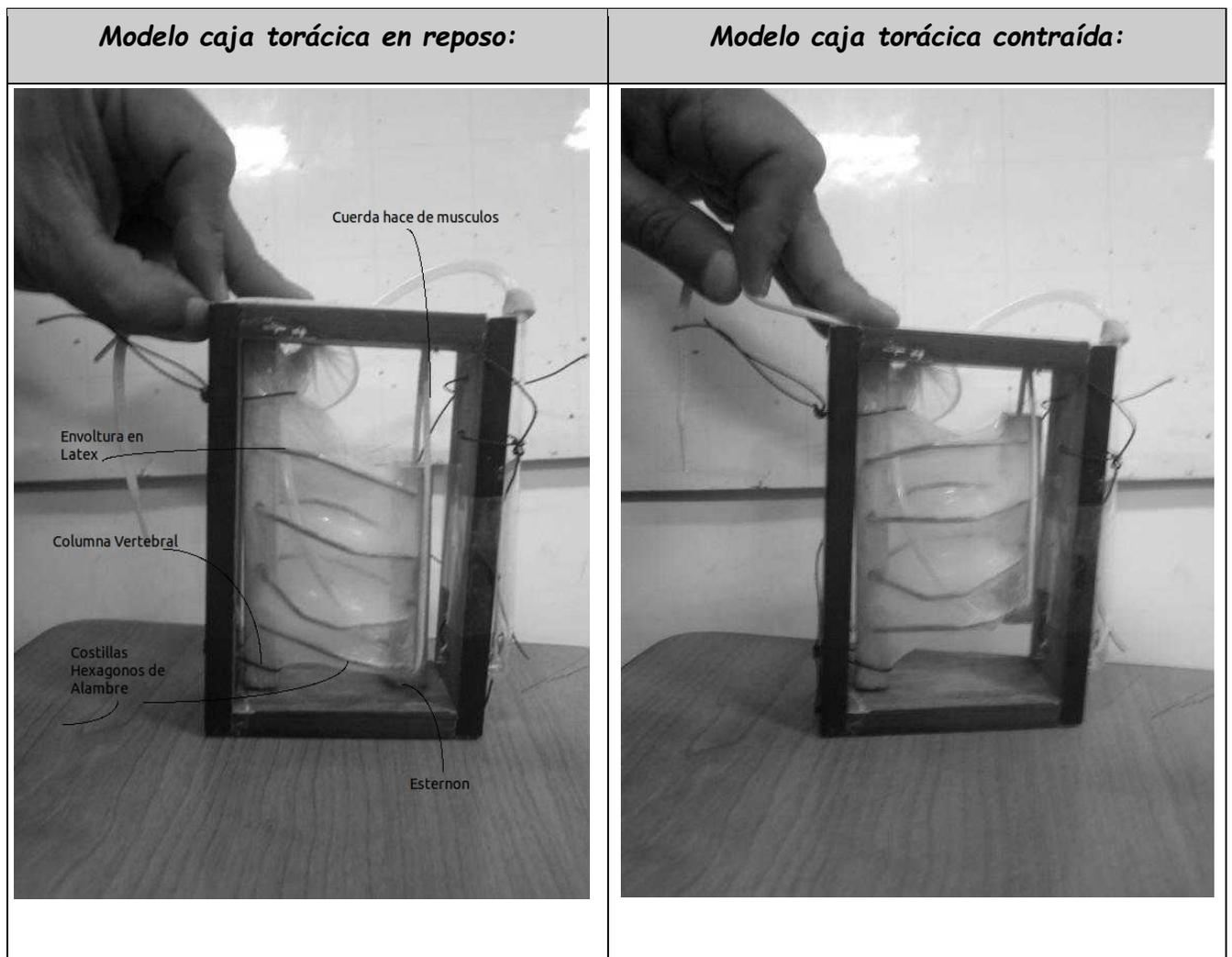


Figura 3. Fotografías del Modelo de la caja torácica:

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Contraída en reposo y expandida cuando se retrae la cuerda.

Resultados y Discusión

¿Qué muestra el modelo de la inhalación? El modelo expuesto muestra que el movimiento del esternón y las costillas produce el incremento de volumen de la caja torácica haciendo que la variación del volumen provoque el flujo de aire dentro y fuera de ella.

Los movimientos del esternón y las costillas son causados por la contracción y relajación de los músculos. Lo cual puede ser representado como una cuerda que se recoge o que se suelta para volver a su posición original.

La caja torácica debe estar sujeta firmemente a un marco del cual se desprenden las partes del esqueleto que se mueven durante la *inhalación* y que además debe sujetar los músculos que realizan esos movimientos. En el esqueleto el marco de referencia es la columna vertebral, las clavículas y los omoplatos.

Los pulmones son totalmente pasivos en la inhalación, porque su expansión es debida al aumento del volumen de la caja torácica por la acción de los músculos intercostales y por la contracción del diafragma. La entrada de aire no se debe a que los pulmones "hagan fuerza", sino a la variación de la geometría de la caja torácica.

Estos aspectos obligan a repensar aquellos modelos que utilizan dos bombas de caucho unidas por un pitillo dentro de una botella haciendo pensar que los pulmones están suspendidos en el aire y que la caja torácica actúa solo como estructura de soporte.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Conclusiones

De aspectos generales se puede concluir que: La respiración es un fenómeno complejo que aborda problemas físicos, químicos y biológicos, e interrelaciones con otros sistemas. El modelado como elemento de estudio del fenómeno de la respiración permite construir explicaciones más complejas que las expuestas en los textos escolares. El desarrollo progresivo de modelos permite conformar un cuerpo de conocimiento elaborado en el aula.

Además el proceso induce a la evaluación de la forma reducida en que se abordan los contenidos programáticos obligando al docente a reflexionar y profundizar sobre los temas de estudio, e invita a meditar sobre los ritmos de aprendizaje de los estudiantes en los procesos de enseña-aprendizaje en los que se hace énfasis en la reflexión y la construcción de conocimiento en comparación con las velocidades de desarrollo de temas propuestos en el currículo.

Referencias

- Chamizo, J (2010) *Los modelos en la enseñanza de las ciencia*. En: Chamizo,J & García A. (2010) *Modelos y Modelaje en la enseñanza de las Ciencias Naturales*. México: Universidad Autónoma Nacional de México
- Guyton, C. Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiología Médica*. Barcelona: Elsevier.
- Giordan, A y otros. (1988). *Conceptos de Biología. Tomo I. Evolución del significado de un conocimiento. Historia del campo conceptual de la respiración*. Madrid: Editorial Labor S. A.
- Noriega, M. (2011). *Fisiología Humana*, Universidad de Cantabria, tomado de internet el 16 de marzo de 2014 de <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/fisiologia-humana-2011-g367>

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Rodríguez, A. (2013). *Sistema respiratorio*, tomado de internet el 15 de marzo de 2014 de <http://arlenrodriguezunah.files.wordpress.com/2013/04/sistema-respiratorio-this.pptx>.

Tortora, G. Derrickson, B. (2006). *Principios de anatomía y fisiología*. 11ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Tortora, G. (2008). *Introducción al cuerpo humano: fundamentos de anatomía y fisiología*. 7ª Edición. México: Editorial Médica Panamericana.

Valencia, S. Méndez, O. Jiménez, G. (2012). *La respiración: de soplo vital a problema del conocimiento*. Maestría en docencia de las ciencias Naturales. Departamento de física. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Villee, C. y Otros. (1987). *Biología*. México: Nueva Editorial Interamericana.