

# ¿Cómo encontrarle “sentido” a una Práctica experimental en Física? Determinación del “peso del aire”

How to make "sense" of an experimental practice  
in Physics? Determination of the “weight of air”

Juan Cruz Bigliani<sup>1\*</sup>, Vicente C. Capuano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Vélez Sarsfield 1611. Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba. Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Vélez Sarsfield 1611. Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba. Argentina. Profesor jubilado.

\*E-mail: [jbigliani@unc.edu.ar](mailto:jbigliani@unc.edu.ar)

## Resumen

En este trabajo diseñamos e implementamos una manera de trabajar en el Laboratorio de Enseñanza de la Física, que contribuye a lograr un abordaje con “sentido” de la Enseñanza de la Física, por medio de la práctica experimental. El horizonte de la estrategia propuesta manifiesta el propósito de que tanto el docente como el estudiante le encuentren sentido al trabajo experimental. El tema de Física que se elige para trabajar en el laboratorio y operar con estas nuevas ideas, es “El peso del aire”. La estrategia utilizada intenta dar “sentido” al proceso de medición que se lleva a cabo en una práctica experimental y en este caso a los conceptos físicos involucrados: peso del aire, masa del aire, empuje, densidad y presión. En el transcurrir de la práctica experimental se utiliza la técnica del “conflicto cognitivo”, se aplica la idea de “Aprendizaje Significativo”, se responde a la necesidad de “estimar resultados”, se intenta la “reconciliación integradora, y el “planteo de hipótesis”, para despertar la curiosidad de los estudiantes, sorprenderlos y otorgarle herramientas que le permitan explicar sucesos cotidianos.

**Palabras clave:** Enseñanza; Sentido; Conflicto cognitivo; Aprendizaje significativo.

## Abstract

In this work we design and implement a way of working in the Physics Teaching Laboratory, which contributes to achieving a “meaningful” approach to Physics Teaching, through experimental practice. The horizon of the proposed strategy expresses the purpose that both the teacher and the student find meaning in experimental work. The Physics topic that is chosen to work on in the laboratory and operate with these new ideas is “The Weight of Air”. The strategy used attempts to give “sense” to the measurement process that is carried out in an experimental practice and in this case to the physical concepts involved: air weight, air mass, thrust, density and pressure. In the course of the experimental practice, the “cognitive conflict” technique is used, the idea of “Meaningful Learning” is applied, the need to “estimate results” is responded to, “integrative reconciliation” is attempted, and the “approach of hypotheses”, to awaken the curiosity of students, surprise them and give them tools that allow them to explain everyday events.

**Keywords:** Teaching; Meaning; Cognitive conflict; meaningful learning.

## I. FUNDAMENTACIÓN

[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)

La crisis de la educación es una constante que se desata en el mundo, con carácter global, en las primeras décadas del siglo pasado. En nuestro país, el sistema educativo en general y el subsistema de “educación en ciencias” en particular, experimentan a mediados del siglo XX un ingreso masivo de jóvenes al sistema educativo, provocado por (Castorina, 2007; Freire, 2013a; Pigna, 2013; Sibilia, 2012) aspectos sociales de la educación que comienza a ser considerada como patrimonio cultural de la humanidad al igual que la literatura o la pintura, etc., y por necesidades naturales de un mercado mucho más complejo. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos que se inician en la década del 60 del siglo pasado, orientados a producir mejoras en la Enseñanza de las Ciencias en general y de la Física en particular, los resultados logrados no son los esperados (Maiztegui, 1991; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Como respuesta, el sistema educativo instala en él dos corrientes para el proceso de enseñanza y de aprendizaje: la “Conductista” (Skinner, 1975) y la “Constructivista” (Piaget, 1969).

Hoy, algunos docentes se esfuerzan por señalar que, si los educandos de principio del siglo XX, educados con métodos “conductistas” aprendieron física y vaya que aprendieron (Referenciamos sólo con su apellido a Einstein, Planck, Bohr, Compton, Fermi, Hertz, Rutherford, etc.), debiéramos educar en esta época de la misma manera. Sin embargo, el perfil distinto de los educandos invalida la comparación. Como ejemplo de corrimiento del horizonte educativo de los distintos sectores sociales (Capuano, 2021), en nuestro país, el horizonte obligatorio de formación educativa de los jóvenes de clase media, pasa de finalizar la escuela primaria (primeras décadas del siglo pasado) a finalizar la escuela secundaria (década del 60 del siglo pasado) y en muchos casos, y hacia finales del siglo XX, a continuar sus estudios en el nivel superior (Ley de Educación Común 1420, Ley Federal de Educación 24.195 y Ley de Educación Nacional 26.206).

En la práctica docente, es natural que el docente utilice un conjunto de propuestas de acciones didácticas, con el propósito de materializar su tarea. Es posible que algunas sean pensadas para provocar la motivación de los alumnos, es decir, estímulos para despertar su interés. El fin último de los estímulos es mejorar los resultados que con la práctica docente se logre. Acordamos con Dalri y Mattos (2008) cuando señalan que *“la motivación para enseñar y para aprender Física, está relacionada con la valoración dada por el individuo a ese objeto de estudio”*. Dar trascendencia a la motivación tiene sus antecedentes más importantes en el ámbito de las ciencias de la educación (Rodríguez, 2006), por citar algunos autores. También, y en menor medida, se investiga la importancia de la motivación en el acto educativo, en el ámbito de la educación científica (Bigliani, 2011; Llera, Scagliotti, Zárate y Coiro, 2011).

Cada objeto de estudio, cada concepto, contiene en sí mismo dimensiones epistemológicas, ontológicas y axiológicas, que operan a la hora de encontrarle “sentido” por parte de los alumnos, al proceso de aprendizaje. Es decir, asignamos ciertas características a los conceptos, en particular a los de Física, que los hace más o menos fáciles de internalizar y de encontrarle sentido, por parte de los alumnos. Los modelos en los cuales se apoyan ciertos contenidos y las herramientas matemáticas que se necesitan para su abordaje, suelen ser una fuente de dificultades insalvables para los alumnos en su proceso de aprendizaje (Menéndez, 2017). Sin embargo, casi siempre es posible, desde la metodología, salvar esta situación, intentando desde sus acciones didácticas, darle sentido a su enseñanza.

## II. EL SENTIDO DE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA EXPERIMENTAL, MOTIVA.

Las “Teorías de Aprendizaje”, surgidas a partir de la década del 60, enroladas mayoritariamente en dos grandes corrientes filosóficas, el “conductismo” y el “constructivismo”, en los últimos años, a partir de la última década del siglo XX) y en razón de los magros resultados obtenidos, se han preocupado por las motivaciones y sus enfoques del problema direccionan distintas propuestas. El enfoque conductista destaca ideas como la de reforzamiento, condicionamiento y alternativas para un castigo, mientras que el cognitivismo (Teoría de Ausubel del “Aprendizaje Significativo”), propone pensar sobre el “deber ser” de la educación y en la necesidad de educar a la sociedad, para que llegado el momento, opinen con fundamento (Ausubel, Novak y Hanesian, 1996; Novak, 1990).

Los modelos en los cuales se apoyan los contenidos de la Física y las herramientas matemáticas necesarias de utilizar presentan serias dificultades en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, por lo que sólo nos resta diseñar una estrategia que provoque la valoración del contenido, que emocione al alumno, que lo motive y, finalmente, que modifique su comportamiento; lo que nosotros denominamos diseñar una estrategia que le confiera “sentido” al contenido y en consecuencia, a la práctica docente; sentido para el docente y para el alumno (Freire, 2013b). El Aprendizaje Basado en Situaciones Problemáticas (ABSP), diseñado de manera que “sorprenda al alumno”, “despierte su curiosidad”, y/o, acerque “explicaciones a situaciones problemáticas que son parte de su cotidianeidad”, nos ayudará a conferir a la Enseñanza de la Física, el sentido deseado (Capuano, 2018, 2024; Casassus, 2015).

Los trabajos de Ausubel, en su mayoría indagan la estructura de conocimiento de los jóvenes y concluyen en que la tarea del docente podría reducirse al siguiente principio: *“averiguar lo que el alumno sabe y enseñar en consecuencia”* (Ausubel et al., 1996). Justamente el averiguar lo que el alumno ya sabe, introduce en el ámbito de la

educación científica la problemática de las ideas previas (Novak, 1990). Al llegar al aula, los estudiantes poseen concepciones que por lo general no coinciden con aquellas científicamente aceptadas, son altamente resistentes al cambio, son comunes en alumnos de países y sistemas educativos distintos, tienen carácter inconexo y a veces contradictorio, y algunas de ellas guardan cierta relación con las mantenidas por la comunidad científica a lo largo de la historia (Campanario y Otero, 2000; Segura, 1991).

Las investigaciones de los últimos años en la Enseñanza de la Física, muestran que las ideas previas de los estudiantes sobre los fenómenos naturales deben ser tenidas en cuenta si se pretende un aprendizaje significativo de los conceptos que involucran las ciencias (Driver, 1986; Moreira, 1993; Novak, 1990). Una de las principales características de los preconceptos es que su presencia impide la asimilación de nuevos conceptos. Distintos autores, han propuesto al laboratorio como el lugar en el cual los alumnos, por entrar en un conflicto cognitivo, se encuentran en un terreno propicio para lograr el cambio conceptual. Si las concepciones alternativas son de algún modo el resultado del sentido común es decir el funcionamiento del sistema cognitivo humano en su interacción con la naturaleza, qué mejor que forzar nuevas interacciones con el propósito de cambiar dicho resultado (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Luri, 2016; Prieto Castillo, 2000). Sin embargo, el “sentido” que un estudiante le otorgue a un determinado contenido, cuando éste interactúe con sus valores y lo motive e influya sobre su conducta, dependerá además de otras variables.

### III. OBJETIVOS

#### A. Objetivos generales

En este trabajo se propone una forma de trabajar en el aula que resulte eficaz para captar la atención de los estudiantes, incrementar su motivación y en consecuencia mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. La propuesta se apoya en una experiencia práctica de laboratorio realizada con elementos cotidianos, para introducir temas de Física relacionados con masa, peso, densidad, empuje, mediciones y la investigación científica. Puntualmente se plantea una experiencia práctica en la cual se intentará pesar el aire.

#### B. Objetivos específicos

- Medir el “El Peso del Aire” en un Laboratorio de Enseñanza de la Física (LEF) de los niveles educativos Educación Secundaria y Educación Superior.
- Diseñar el experimento junto al alumno, de tal manera que al alumno le resulte familiar, el equipamiento que utilizará en el desarrollo de la práctica experimental.
- Estimar posibles resultados de los valores a medir. Debatir en grupo y con el docente que coordina la actividad.
- Proponer mejoras en el diseño experimental de la práctica.
- Comparar valores medidos con valores de tabla.
- Instalado el conflicto cognitivo, sugerir caminos posibles para salir del mismo. Proponer al menos una reinterpretación del concepto de densidad, empuje, presión, etc. y el modo como se los utiliza en este experimento.

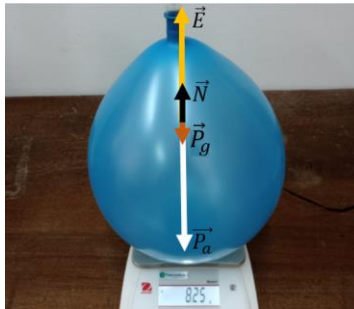
### IV. METODOLOGÍA

Dado que la “práctica experimental”, en este caso el tema “Peso del aire”, proporciona el telón de fondo de la escena que estamos dispuestos a transitar y que la “investigación educativa” con su marco teórico guiará nuestros pasos cuando se corra el telón, intentaremos impregnar la “estrategia educativa” que proponemos para mejorar la enseñanza, con un marco que priorice en ella las técnicas pedagógicas: “Conflicto Cognitivo”; “Estimación de Resultados”; “Análisis de Resultados”; “Propuesta de Hipótesis”; “Aprendizaje Significativo”; y “Reconciliación Integradora”. No todos los temas cuando son abordados en el laboratorio con el desarrollo de prácticas experimentales, proporcionan espacios para que en los mismos se apliquen las técnicas pedagógicas señaladas, por lo que será prioridad relevar y fortalecer su presencia, cuando se mida el “Peso del Aire”.

### V. CUIDADOS, CURIOSIDADES Y ENCRUCIJADAS AL PESAR EL AIRE

La experiencia que proponemos puede plantearse con el objetivo inicial de calcular el valor de la masa de aire encerrada dentro de un globo. Lo planteamos de esta forma motivados por la observación que en diversos sitios de internet e incluso en experiencias en instituciones educativas se realiza esta práctica con algunos problemas conceptuales. Y decimos que este es el objetivo inicial debido a que durante la práctica aparecerán algunos conflictos cognitivos que reencaminarán la forma de proceder y con ella, nuestros objetivos.

Inicialmente puede parecer suficiente para pesar el aire dentro del globo, pesarlo con una balanza, primero desinflado y luego inflado, pero esto es sólo el comienzo. Realizando este procedimiento se notará una diferencia en el peso del globo, que no es el peso del aire en su interior. Dado que estamos pesando algo de una densidad parecida a la del aire (el de la atmósfera) debemos considerar el empuje que éste ejerce sobre el objeto pesado.



**FIGURA 1.** Se muestran el globo con todas las fuerzas que actúan sobre él.

Sobre el globo actúan, el empuje  $\vec{E}$  que recibe por desplazar el aire que ocupa su volumen, el peso  $\vec{P}_a$  del aire que se encuentra dentro del globo, el peso  $\vec{P}_g$  del globo vacío y la normal  $\vec{N}$  que será la fuerza que hace la superficie en donde se encuentra apoyado (Figura 1). Lo que indicará la balanza al colocar sobre ella el globo inflado, será igual al módulo de la normal, expresado en gramos. El empuje es igual a la densidad del aire que desplaza  $\rho_{ad}$  por el volumen desplazado  $V_g$  y por la aceleración de la gravedad  $\vec{g}$ , entonces:

$$\vec{E} = \rho_{ad} \cdot V_g \cdot \vec{g}. \quad (1)$$

El peso del aire que se encuentra dentro de globo, es igual a la densidad del aire  $\rho_a$  dentro del globo, por el volumen que ocupa el aire dentro el globo  $V_g$  y por la aceleración de la gravedad

$$\vec{P}_a = \rho_a \cdot V_g \cdot \vec{g}. \quad (2)$$

Observando las ecuaciones del peso y el empuje, puede verse que el único término que puede hacer que estos sean diferentes, es el correspondiente a la densidad. El aire dentro del globo tiene una densidad algo mayor al exterior y es por eso que medimos una diferencia al pesarlo inflado y desinflado, de lo contrario los valores registrados serían iguales, ya que el empuje sería igual al peso del aire dentro del globo.

Entonces, si pesamos el globo inflado y desinflado, y restamos dichos valores, no obtendremos la masa del aire dentro del globo, sino que este valor será igual al peso del aire dentro del globo menos el empuje. Además de esto, si inflamos el globo con la boca, se sumará mayor complejidad al problema, debido a que el aire que exhalamos tiene una composición química diferente que la del aire atmosférico (mayor contenido de dióxido de carbono, menor contenido de oxígeno, vapor de agua, otra temperatura, etc.). Esto puede ser interesante considerarlo en algunos ámbitos, pero, al menos inicialmente, para simplificar el problema, es recomendable inflar el globo con un inflador.

Como veremos más adelante, durante la experiencia propuesta, se pueden realizar diversas mediciones y cálculos (masa, peso, densidad y presión dentro del globo) para ir comprobando o refutando las hipótesis realizadas con los estudiantes, pero además de esto, y para comprobar la validez del método propuesto se calculó la masa molar del aire para compararla con el valor conocido de este.

## VI. CÁLCULO DE MASA MOLAR DEL AIRE PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Para calcular la masa molar, considerado el aire como un gas ideal, se realizaron las siguientes mediciones:

### A. Medición del volumen del globo

Generalmente los globos no adquieren una forma esférica perfecta, sino que se aproximan más a un elipsoide de revolución (Figura 2) cuyo volumen puede calcularse como

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c \quad (3)$$

aunque esto dependerá de cada globo. Para los cálculos del volumen en este trabajo se usó esta ecuación en donde la dimensiones b y c son iguales. Se midieron las distancias de lado a lado del globo siendo  $d_{may}$  la distancia mayor y  $d_{men}$  la distancia menor. Entonces, tenemos que el volumen se puede calcular como

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{d_{may}}{2} \cdot \frac{(d_{men})^2}{4} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_{may} \cdot (d_{men})^2 \quad (4)$$

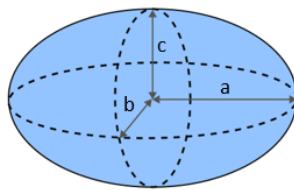


FIGURA 2. Se muestra la geometría de un elipsoide de revolución.

### B. Medición de la presión relativa dentro del globo

Para esta medición se usó un manómetro construido con una manguera en forma de U con agua, colocamos el globo en un extremo de la manguera, dejando el otro extremo libre y midiendo la diferencia de alturas en la columna de líquido. La presión relativa interna puede calcularse como

$$\vec{p}_{ir} = \rho \cdot \vec{g} \cdot h \quad (5)$$

Donde “ $\rho$ ” es la densidad del agua, “ $\vec{g}$ ” es la aceleración de la gravedad y “ $h$ ” es la diferencia de alturas de las columnas de líquidos del manómetro. Luego, para calcular la presión absoluta interna del globo  $\vec{p}_{ia}$  debemos sumarle la presión atmosférica  $\vec{p}_{atm}$  a la presión relativa.

### C. Determinación de la masa molar del aire contenido en el globo

Para esto, pesamos el globo vacío, registrando la masa “ $m_1$ ” y lo volvemos a pesar inflado (con un inflador) registrando la masa “ $m_2$ ”. Antes de desinflar el globo se midieron sus dimensiones y su presión para realizar los cálculos. Al medir la masa del globo inflado es conveniente colocar algo sobre la balanza para que el globo quede alejado del cuerpo de la balanza y de la mesa, ya que las fuerzas que se originan por cargas electrostáticas del globo pueden ocasionar errores significativos. En la Figura 3.b puede verse cómo se usó un tubo de cartulina para alejarlo de la balanza. Naturalmente se debe tarar la balanza luego de colocar este objeto para que no intervenga en la medición.

Aplicando la 1ª condición de equilibrio al sistema de fuerzas que actúan sobre el globo (Figura 1), resulta la siguiente ecuación

$$\vec{P}_a + \vec{P}_g + \vec{E} + \vec{N} = 0 \quad (6)$$

donde:  $\vec{P}_a$  es el peso del aire encerrado dentro del globo,  $\vec{P}_g$  es el peso del material que constituye el globo,  $\vec{E}$  es el empuje que el aire ejerce sobre el globo y  $\vec{N}$  es la fuerza normal que realiza el platillo de la balanza sobre el globo (esta fuerza será la que indica la balanza durante esta medición con el globo inflado).

Considerando la componente vertical de los vectores (dirección vertical positiva hacia arriba), se obtiene

$$-P_a - P_g + N + E = 0 \quad (7)$$

Al realizar la experiencia, se realizaron dos mediciones con la balanza, se midió la masa del globo vacío ( $m_1$ ) por lo que podemos escribir que  $P_g = m_1 \cdot g$ , donde  $g$  es la aceleración de la gravedad, y también se midió la masa del globo inflado ( $m_2$ ) por lo que podemos escribir que  $N = N = m_2 \cdot g$ .

$$-P_a - m_1 \cdot g + m_2 \cdot g + E = 0 \quad (8)$$

Podemos escribir el empuje en términos de la masa de aire desalojado  $m_{ad}$  como:  $E = m_{ad} \cdot g$  y dado que la masa del aire desalojado será igual al volumen de aire desalojado (que será igual al volumen del globo  $V_g$ ) multiplicado por la densidad del aire desalojado  $\delta_{ad}$ , también podemos escribir:

$$E = V_g \cdot \delta_{ad} \cdot g \quad (9)$$

Del mismo modo, podemos reescribir el peso del aire encerrado dentro del globo como

$$P_a = m_a \cdot g \quad (10)$$

donde  $m_a$  será la masa de aire encerrada dentro del globo. Por consiguiente, podemos reescribir la ecuación 10 como:

$$-m_a \cdot g - m_1 \cdot g + m_2 \cdot g + V_g \cdot \delta_{ad} \cdot g = 0 \quad (11)$$

Aplicando la ecuación general de los gases ideales para el aire encerrado dentro del globo, resulta

$$\frac{p_i \cdot V_g}{T} = n \cdot R \quad (12)$$

donde  $p_i$  es la presión del aire dentro del globo, T su temperatura, n el número de moles y R la constante universal de los gases ideales.

Para calcular la masa molar del aire encerrado dentro del globo, se debe hacer el cociente entre su masa ( $m_a$ ) y el número de moles ( $n$ ) de este. Por consiguiente, despejando la masa  $m_a$  de la ecuación 11 y n de la ecuación 12, podemos escribir la masa molar como:

$$M = \frac{m_a}{n} = \frac{(m_2 - m_1 + V_g \cdot \delta_{ad}) \cdot R \cdot T}{p_i \cdot V_g} \quad (13)$$

En la Tabla I se muestran las mediciones realizadas y los cálculos para encontrar la masa molar para 3 globos diferentes. Además de los valores que se muestran en la tabla, para los cálculos se usó un valor de  $R = 8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$  y para el valor de densidad del aire (fuera del globo)  $\delta_{ad}$  un valor de  $1,13 \frac{Kg}{m^3}$  que es el valor aproximado para la presión y temperatura del momento en que se realizaron las mediciones y para la altitud de la ciudad en donde se efectuaron.

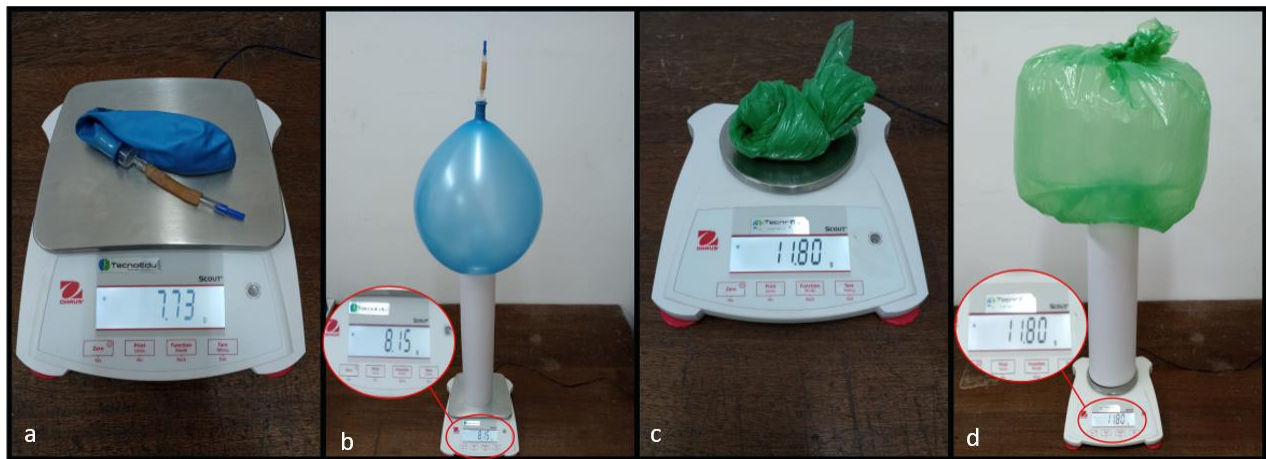
**TABLA I.** Mediciones realizadas y resultados de la masa molar para 3 globos.

$m_1$ (Kg)	$m_2$ (Kg)	$d_{may}$ (m)	$d_{men}$ (m)	h (m)	T (K)	$V_g$ (m <sup>3</sup> )	$p_{ir}$ (Pa)	$p_{atm}$ (Pa)	$p_{ia}$ (Pa)	M (Kg)
0.00773	0.00815	0.323	0.261	0.332	295	0.01152	3254	100500	103754	0.0274
0.00571	0.00614	0.285	0.231	0.283	293	0.00796	2773	100500	103273	0.0278
0.00542	0.00573	0.263	0.214	0.271	293	0.00631	2656	100500	103156	0.0277

La masa molar del aire (considerando un porcentaje de 80 % de nitrógeno y 20 % de oxígeno) resulta de 29 g, y los resultados obtenidos están muy próximos a ese valor. Estos valores son razonables considerando los elementos utilizados y no se requiere de mayor precisión por tratarse de una práctica para la enseñanza donde, lo que interesa en mayor medida es promover la comprensión de los fenómenos analizados. También puede utilizarse una balanza de 0,1 g de precisión, y si bien hay mayores incertidumbres en los resultados, también se evidencian claramente todos los fenómenos propuestos.

## VII. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Para comenzar, se puede proponer medir, el aparentemente peso del aire, midiendo con la balanza la masa “ $m_1$ ” del globo desinflado, la masa “ $m_2$ ” del globo inflado (Figura 3. a y b) y haciendo la diferencia. Seguramente en este momento nadie pensará en el empuje del aire y en los errores que éste introduce.



**FIGURA 3.** a) Se muestra la balanza pesando el globo desinflado. b) Se muestra la balanza pesando el globo inflado, se ve una indicación diferente a la masa del globo desinflado. c) Se muestra la balanza pesando la bolsa desinflada. d) Se muestra la balanza pesando la bolsa inflada con una indicación igual a la masa de la bolsa desinflada.

Luego, se puede alentar un debate acerca del resultado. Para poder compararlo con algún valor conocido, tendríamos que calcular, por ejemplo, la densidad del aire “ $\rho$ ” utilizando nuestras mediciones. Al recurrir a la definición de densidad

$$\rho = \Delta m / V \quad (14)$$

vemos que a “ $\Delta m$ ” ya la hemos calculado y se deberá proponer un método para calcular “ $V$ ”. Existen varias maneras de hacerlo. Seguramente en esta instancia aparecerán algunas ideas de los estudiantes, podemos suponer que el globo es una esfera y tomar un radio promedio para calcular su volumen con la ecuación conocida para esta geometría, podemos aproximar el globo a un elipsoide de revolución y buscar cómo se calcula este volumen. Entonces, en este momento, nuestro problema es medir el, o los radios del globo y para esto se deberán analizar diferentes maneras de medir el diámetro. Esto se puede hacer midiendo su perímetro con un hilo o midiendo el diámetro colocando el globo entre dos objetos para luego medir la distancia entre ellos, etc.

Finalmente, se podrá calcular la densidad del aire y compararla con el valor de tabla. Al comparar estos valores se notará que el valor de densidad obtenido es mucho menor a la densidad del aire a presión atmosférica (con una diferencia mayor a un orden de magnitud).

En este momento es interesante abrir un debate para intentar que salga a la luz el efecto del empuje y cómo éste está introduciendo un gran error.

Seguramente, cuando aparezca el empuje, también aparecerán algunas dudas, ya que, si aún no se advirtió que la presión dentro del globo es mayor, el empuje debería ser igual al peso del aire dentro del globo, y no deberíamos haber medido ninguna diferencia entre la masa del globo inflado y desinflado.

Este puede ser el momento para repetir el experimento usando una bolsa plástica en lugar del globo. Si hacemos esto e inflamos la bolsa sin aumentar su presión dentro (Figura 3. d), la masa de la bolsa inflada y desinflada será igual ya que ahora sí el peso del aire dentro de ella será igual al empuje. Esta experiencia debería ayudar a que los

estudiantes perciban que, en el caso del globo, la diferencia se debe a que la presión en su interior es mayor a la atmosférica.

En este momento ya se podrían corregir los cálculos contemplando el empuje para calcular nuevamente la densidad del aire dentro del globo. Al hacerlo, la densidad encontrada será muy parecida a la del aire a presión atmosférica y aunque si es algo mayor, la diferencia porcentual es muy pequeña.

## VIII. CONCLUSIONES

Este experimento se puso en práctica como disparador en talleres de distintos temas de Física, para docentes de Física y estudiantes de profesorado avanzados en sus estudios, logrando “sorprender” al alumno”, “despertar su curiosidad”, y/o, acercarlo a “explicaciones” de situaciones problemáticas que son parte de su cotidianeidad. Es decir, enseñamos Física con sentido. Por otro lado, más que la presencia de ideas previas falsas, se hicieron presentes al desarrollar la actividad de “Pesar el Aire”, las enormes dificultades por la que atraviesan los alumnos, cuando deben aplicar los conocimientos adquiridos, en este caso la aplicación del “Principio de Arquímedes” entre otros. En todos los casos, con el acompañamiento del docente a cargo del Taller, y mientras se avanzaba en la estrategia experimental propuesta, fueron superándose estas dificultades.

Las ideas previas que no resultaban útiles para realizar la experiencia, fueron conducidas de tal modo que su abordaje contrastó con las ideas científicamente aceptadas. De esta manera provocamos el conflicto cognitivo, terreno propicio para lograr el cambio conceptual. Las concepciones alternativas son el resultado del sentido común, de la intuición y del pensamiento espontáneo, lo que quedó claramente plasmado en el primero de los experimentos. No logramos el cambio conceptual en todos los casos, pero sí un cambio representacional, que logró acertadas interpretaciones de otros fenómenos.

La “práctica experimental” proporcionó el telón de fondo de la escena que aspirábamos se materialice. Los docentes y alumnos que participaron en los Talleres, se mantuvieron motivados durante toda la actividad, mientras se los alentaba a que practiquen las técnicas pedagógicas: “Conflicto Cognitivo”; “Estimación de Resultados”; “Análisis de Resultados”; “Propuesta de Hipótesis”; “Aprendizaje Significativo”; y “Reconciliación Integradora. La práctica experimental propuesta, resultó terreno apto para ese propósito. Y estamos en condiciones de señalar que desde el punto educativo es posible poner a andar la propuesta en otras instituciones, dada la sencillez de los experimentos y la facilidad de contar con el equipo experimental.

## REFERENCIAS

- Ausubel, D., Novak L. y Hanesian, H. (1996). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Bigliani, J. (2011). Óptica Física desafiando los sentidos. *Memorias de la XVII Reunión Nacional de Educación en Física*. Villa Giardino, Córdoba, Argentina.
- Campanario, J. y Otero, J., (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(2), 155-169.
- Capuano, V. (2018). *¿Si la práctica educativa no tiene “sentido” para el alumno, tiene “sentido” para el docente?* Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias Básicas (Cieciba). Universidad de la República Oriental del Uruguay. CENUR, Litoral Norte.
- Capuano, V. (2021). ¿Cómo enseñar Física, para que forme parte de la Cultura del Género Humano? *Revista Novedades Educativas, Ciencias Naturales: Desafíos, recursos y proyectos*, 372, 02-06.
- Capuano, V. (2024). ¿Dónde está la física? *Revista Novedades Educativas*, 386, 18-24.
- Casassus, J. (2015). *La educación del ser emocional*. Santiago de Chile: Editorial Cuarto Propio.
- Castorina, J. (2007). *Cultura y conocimientos sociales*. Buenos Aires, Argentina: Editorial AIQUE.



- Dalri J. y Mattos, C. (2008). Relaciones entre motivación, valor y perfil conceptual: un ejemplo. *Memorias de SIEF IX*.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 3-15.
- Freire, P. (2013a). *La educación como práctica de la libertad*. Argentina: Editorial Siglo XXI.
- Freire, P. (2013b). *Por una pedagogía de la pregunta*. Argentina: Editorial Siglo XXI.
- Ley 1420. Ley de Educación Primaria. (1884). Congreso de la Nación. Argentina.
- Ley 24195. Ley Federal de Educación. (1993). Publicada en el *Boletín Oficial* el 5 de mayo de 1993. Argentina.
- Ley 26206. Ley de Educación Nacional. (2006). Publicada en el *Boletín Oficial* el 28 de diciembre de 2006. Argentina.
- Llera, M., Scagliotti, A., Zárate, O. y Coiro, A. (2011). Métodos alternativos para estudiar las leyes de reflexión. *Memorias de la XVII Reunión Nacional de Educación en Física*.
- Luri, G. (2016). *Mejor educados. El arte de educar con sentido común*. Barcelona, España: Ariel.
- Maiztegui, A. (1991). Problemas creados por la Ciencia y la Tecnología del siglo XX. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Tomo 60, Entregas 1° y 2°, 11-13.
- Menéndez, V. (2017). *Mejorando la Enseñanza de la Física: Los aportes históricos y epistemológicos*. Argentina: Autores de Argentina.
- Moreira, M. (1993). A teoría de educação de Novak e o modelo de Ensino Aprendizagem de Gowin. *Fascículos do CIEF, Série Ensino-Aprendizagem*, 4, 1-18.
- Novak, J. (1990). *Teoría y Práctica de la Educación*. Madrid, España: Editorial Alianza Universitaria.
- Piaget, J. (1969). *Psicología y Pedagogía*. Buenos Aires: Editorial ARIEL - Sudamericana-Planeta.
- Pigna, F. (2013). Liberalismo político y liberalismo económico. *El Historiador*.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, J. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, España: Ediciones Morata, S.L.
- Prieto Castillo, D. (2000). *Educación con sentido*. Argentina: Editores Universidad Nacional de Cuyo.
- Rodríguez, L. (2006). La motivación, motor del aprendizaje. *Revista Ciencias de la salud*, 4(especial), 158-160. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56209917>
- Segura, D. (1991). Una premisa para el cambio conceptual: El cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 9(2), 175-180.
- Sibilia, P. (2012). *¿Redes o paredes? La escuela en tiempos de dispersión*. Buenos Aires, Argentina: Tinta Fresca.
- Skinner, B. (1975). *La conducta de los organismos: un análisis experimental*. Barcelona, España: Editorial Fontanella.