

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**"LA INTRODUCCIÓN DE ELEMENTOS DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA EN ESCUELAS SECUNDARIAS PROPORCIONA MAYOR APRENDIZAJE EN COMPARACIÓN CON MÉTODOS EXCLUSIVOS DE EDUCACIÓN FORMAL"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**F Í S I C O**  
**P R E S E N T A :**  
**JOSÉ MANUEL POSADA DE LA CONCHA**

DIRECTOR DE TESIS: Dra. María del Pilar Segarra Alberú



**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**SECCION ESCOLAR**

---

---

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"La introducción de elementos de divulgación de la ciencia en escuelas secundarias proporciona mayor aprendizaje en comparación con métodos exclusivos de educación formal"

realizado por Posada de la Concha José Manuel con número de cuenta 9052256-5

quién cubrió los créditos de la carrera de Física.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Propietario Dra. María del Pilar Segarra Alberú

Propietario M. en C. Julieta Norma Fierro Gossman

Propietario Dr. Héctor Gerardo Riveros Rotge

Suplente Dr. Jorge Barojas Weber

Suplente Dra. María Trigueros Gaisman

*Mano del Sr. Legan*  
*Julieta Norma Fierro Gossman*  
*HM*  
*J Barojas*

*María Trigueros G*

**Consejo Departamental de Física**



*Patricia Goldstein Menachin*

DRA. PATRICIA GOLDSTEIN MENACHIN FACULTAD DE CIENCIAS  
Coordinadora de Licenciatura DEPARTAMENTO DE FÍSICA

# **“La introducción de elementos de divulgación de la ciencia en escuelas secundarias proporciona mayor aprendizaje en comparación con métodos exclusivos de educación formal”**

**Tesis para obtener el título de físico a José Manuel Posada de la Concha**  
**Directora de tesis: Dra. María del Pilar Segarra Alberú**

## **Índice**

### **Capítulo 1**

Planteamiento del problema.....	3
Una propuesta por donde empezar.....	4
¿Qué es la divulgación de la ciencia?.....	6
La divulgación de la ciencia en México.....	8
Estudio realizado.....	9

### **Capítulo 2**

Descripción de la divulgación empleada.....	12
Presión Atmosférica.....	12
Ondas.....	23
Tercera Ley de Newton.....	33

### **Capítulo 3**

¿Divulgación o no divulgación?.....	37
“La relación entre la Enseñanza y la Divulgación de la Ciencia” de Eleine Reynoso.....	38
Definiciones de divulgación de la ciencia.....	42

## Capítulo 4

Evaluaciones.....	57
Algunos puntos sobre la elaboración de los cuestionarios.....	57
Algunos puntos sobre los inconvenientes presentados.....	58
Cuestionario de Presión Atmosférica.....	59
Tablas de Presión Atmosférica.....	61
Gráficas de Presión Atmosférica.....	62
Cuestionario de Ondas.....	63
Tablas de Ondas.....	65
Gráficas de Ondas.....	66
Cuestionario de Tercera Ley de Newton.....	67
Tablas de Tercera Ley de Newton.....	69
Gráficas de Tercera Ley de Newton.....	70
Gráfica de aciertos totales.....	71

## Capítulo 5

Análisis de resultados.....	72
Presión Atmosférica. ....	72
Ondas.....	77
Tercera Ley de Newton.....	81
Conclusiones.....	86
Bibliografía.....	88

## Anexo 1

Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2002 .....	89
---	----

## Capítulo 1

### Planteamiento del problema

La calidad de la educación en México a nivel secundaria en los rubros de matemáticas, lengua y ciencias, analizados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el 2001, se encuentra en el lugar 31 entre los 32 Países Participantes en el Programa de Indicadores Mundiales de la Educación de la OCDE/UNESCO<sup>1</sup>. Este índice no solamente muestra el rezago en el que se encuentran los estudiantes, sino los maestros, los directivos y las instancias educativas de nuestro país.

Es alarmante este rezago educativo a nivel mundial. Pero por si fuera poco, los rubros de matemáticas y física se encuentran aún más rezagados con respecto a las demás materias que se imparten en el plan de estudios de secundaria de nuestro país<sup>2</sup>. En estas materias están los más altos índices de reprobación. Las cifras hablan por sí solas: los científicos mexicanos radicados en nuestro país (que podemos tomar como un reflejo de la educación nacional de ciencias en todos los niveles, ya que han pasado el último escalón de la pirámide escolar) producen solamente el 0.64%<sup>3</sup> de las publicaciones científicas mundiales, cuando la población del país representa el 1.70%<sup>4</sup> de la población total del planeta. Cuestiones de política científica dificultan una pronta solución a estos problemas ya que aproximadamente el 0.4 %<sup>5</sup> del Producto Interno Bruto (PIB) está destinado a la ciencia en México, cuando países desarrollados proporcionan hasta el 2.5 ó 3% de su PIB a este rubro. Pero un gobierno con un bajo interés

---

<sup>1</sup> Indicadores Mundiales de Educación. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2002. Editorial Grijalvo.

<sup>2</sup> Zamarrón, Guadalupe. La Divulgación de la Ciencia en México: Una aproximación. Serie Cuadernos de Divulgación. Sociedad Mexicana de Divulgación de la Ciencia y la Técnica y CONACYT. 1994.

<sup>3</sup> Chamizo Guerrero, José Antonio. Apuntes sobre la evaluación de la divulgación de la ciencia.. Antología de la Divulgación de la Ciencia en México. DGDC. UNAM. 2003. P 83.

<sup>4</sup> Aguayo Quezada, Sergio. México a la Mano. Grijalbo. 2003. pp 55, 56 y 57.

<sup>5</sup> Aguayo Quezada, Sergio. México a la Mano. Grijalbo. 2003. p113

histórico por la ciencia solamente la atenderá, al parecer, cuando la cantidad y calidad de los productos científicos sean considerables. La solución tendrá que llegar desde otra parte.

Consideramos que el problema se presenta desde la base misma, en los años de educación primaria y secundaria. Un cambio se logrará, poco a poco, al mejorar la calidad y cantidad de la preparación de los profesores y alumnos en esas etapas escolares, lo que implica, no solamente inversión y cambio de actitud de los involucrados, sino alternativas educativas diferentes a las utilizadas en México en estos momentos.

#### Una propuesta por dónde empezar

Actualmente, la situación de la enseñanza secundaria pública en México es caótica. Una visita a estas escuelas en la Ciudad de México puede proporcionarnos una idea de lo anterior: odontólogos impartiendo clases de física; ingenieros en biología; “horas” oficiales de 50 minutos que se convierten en 40 o en 30; quienes sí imparten clases de su área, generalmente no conocen métodos diferentes a los del “libro, cuaderno y lápiz”; escaso material en laboratorios y bibliotecas, nula preparación extra con cursos de calidad, y en muchas ocasiones, indiferencia por parte de profesores y directivos. La situación en el resto del país no es muy alentadora, porque sabemos que los niveles “más altos” de educación de la nación se concentran en las tres ciudades más grandes: Guadalajara, México y Monterrey, además del estado de Baja California<sup>6</sup>.

Las materias científicas sabemos que no son ajenas a la situación anterior. Pero además tienen un rezago todavía mayor, ya que existe “un problema real en la enseñanza de las ciencias y en particular de la física, porque se basan en la mera memorización de fórmulas, procedimientos y hasta datos y resultados,

---

<sup>6</sup> Cházaro Loaiza, Sergio (Coordinador) Claroscuros de la Educación en México. Política Educativa en el Periodo 1995-2000. La Educación en México, Historia, Realidad y Desafíos. Editado por Seguros Comercial América. 2002. pp 117-142.

cuando se debería mostrar a los alumnos la manera de cuestionarse y observar la forma de desarrollar el conocimiento”<sup>7</sup>. Se desaprovecha de esta manera el potencial de los jóvenes para visualizar, identificar, imaginar, recrear y hasta entender el fenómeno físico estudiado.

Ya dijimos que no solamente la enseñanza de las ciencias y en particular de la física es de baja calidad, sino que también se imparte de manera muy tediosa. En este sentido los maestros limitan el potencial pedagógico de las experiencias prácticas de las ciencias y los alumnos pocas veces tienen la posibilidad de comprender el verdadero fenómeno que se encuentra detrás de los formularios y procesos para resolver los problemas que se presentan. Aunque bien, “la limitación de los profesores puede deberse a varios problemas para enseñar su materia:

- a) La enorme dificultad para mantenerse al día debido al acelerado avance de la ciencia y la tecnología.
- b) Las limitaciones de tiempo que impone el calendario escolar, así como la obligación de cumplir con un programa determinado.
- c) La dificultad para representar y que los alumnos comprendan todo lo que se encuentra alejado de la escala de percepción humana.
- d) La dificultad para visualizar objetos tridimensionales, como las estructuras moleculares y la imposibilidad de representar objetos muy pequeños o grandes a escala, como puede ser el tamaño relativo entre los planetas y el Sol.
- e) La falta de laboratorios adecuados o de prácticas que lleven una verdadera reflexión y un aprendizaje más sólido.
- f) La poca motivación debido al prejuicio de que la ciencia es aburrida y difícil, y la poca conexión que encuentran los alumnos entre lo que ven en el aula y su vida.

---

<sup>7</sup> J. Tonda, A. M. Sánchez y N. Chávez, Coordinadores. Antología de la Divulgación de la ciencia en México., Cuarta de forros. DGDC. UNAM. 2003

- g) Los obstáculos intelectuales que presentan los alumnos para entender ciertos conceptos debido a la falta de bases o información, esquemas alternativos muy arraigados (parcial o totalmente incompatibles con las explicaciones científicas) o la falta de madurez intelectual para comprender conceptos con determinado grado de complejidad.
- h) Una visión fragmentada y disciplinaria de la realidad, debido a que el currículo está estructurado por materias. La consecuencia es que al no tener una visión integrada de la realidad, difícilmente verán las conexiones entre las diferentes áreas del conocimiento, tan necesarias para soluciones mas acertadas.<sup>8</sup>

### ¿Qué es la Divulgación de la Ciencia?

No es ningún secreto que se debe retomar la manera en que se construyó la física clásica si se desean resultados verdaderamente satisfactorios, pues no existe mejor alternativa para el proceso cognitivo del estudiante que la exploración experimental. Son los experimentos la base para la comprensión física (y no sólo matemática, si es que ésta se da) del fenómeno expuesto. Cuando las experiencias son acompañados de un lenguaje claro, logramos nuestro cometido ampliamente.

Debemos desarrollar, con las ideas anteriores, nuevas herramientas de apoyo a la educación como la divulgación de la ciencia. "Ésta es una actividad que busca la comprensión pública de la ciencia. Utiliza un lenguaje común con las humanidades y las artes, sin distorsionar los conceptos. De manera creativa busca captar la atención del público en la labor de los científicos, e integrar a la cultura el

---

<sup>8</sup> Reynoso Haynes, Eleine El Museo de las Ciencias: un apoyo a la Educación Formal. Tesis para Optar por el Grado de Maestría en Enseñanza Superior. UNAM. 2000

conocimiento que ellos producen”<sup>9</sup> La divulgación de la ciencia puede ser una estrategia que complemente perfectamente a la educación tradicional.

La divulgación de la ciencia es una actividad entera que ha tomado forma y cuerpo en nuestros días, aunque su difusión es limitada, “sus alcances suelen ser variados. Puede servir para educar, para divertir, para informar, para concientizar a las clases dirigentes y a la sociedad sobre la importancia de la ciencia, para democratizar el conocimiento e impedir su mal uso, para fomentar vocaciones científicas, para combatir pseudociencias y supercherías, para sorprender y asombrar, para compartir nuestro gusto, para enamorar y apasionar al público por la ciencia y para complementar a la enseñanza formal de la ciencia”<sup>10</sup>

El discurso de divulgación de la física (o por lo menos el que se empleó para este estudio como charlas interactivas con experimentos, que más adelante se describen a detalle), no utiliza términos científicos ni fórmulas matemáticas. Las pocas veces que son necesarios, se explican plenamente. Se recurre ampliamente a ejemplos y analogías. La participación activa de los alumnos es necesaria. Se realizan experimentos sencillos y con objetos de uso común con el fin de promover una mayor retención del tema expuesto. No es necesario el uso de “pizarrón, cuaderno y lápiz”, ni se requiere evaluación para proporcionar una calificación al alumno. Además, el material didáctico es de primera necesidad y debemos de tomar en cuenta que la amenidad es un factor muy importante al desarrollar este quehacer.

Es tanta la importancia de la divulgación de la ciencia que no queremos dejar de mencionar, como complemento al trabajo aquí realizado, dos cosas:

---

<sup>9</sup> Sánchez Mora, Ana María Notas del VII Diplomado de Divulgación de la Ciencia. Módulo 7 “Historia de la Divulgación de la Ciencia”. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. 2001.

<sup>10</sup> Bonfil Olivera, Martín. Antología de la Divulgación de la Ciencia en México.. Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez, Coordinadores. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM, 2003. pp 38-44.

- La divulgación es una actividad “profesional, porque el divulgador no solamente es el intermediario entre el científico o el conocimiento científico y el beneficiario (escolar, padres de familia o profesor); es un potencial reafirmador, cuestionador y catalizador de la obra científica a divulgar”<sup>11</sup>
- Además debemos tener presente que “para poder divulgar la ciencia hay que amarla y conocerla a tal grado que de nosotros nazca un deseo enorme de compartirla con los demás. Por lo tanto la divulgación de la ciencia tiene mucho que ver con la pasión y con las ganas de llevar a cabo un buen trabajo empleando todas las facultades personales.

La divulgación de la ciencia requiere de la creatividad así como cualquier otra gran empresa humana. Por consiguiente, un buen divulgador necesita dedicar largas horas de trabajo. Hay que invertirle tiempo y reflexión a la obra de divulgación”<sup>12</sup>

## La Divulgación de la Ciencia en México

“La divulgación de la ciencia es tan vieja (o joven) como la ciencia misma, pero en la forma en que hoy se practica, como profesión y auxiliada por los medios masivos, tiene cuando mucho 70 años de existencia y en México sólo 35”<sup>13</sup>. “Tal vez pueda situarse alrededor de los años sesenta el comienzo de la divulgación moderna en México, con la aparición de la revista Física, impulsada por el trabajo pionero de Luis Estrada. La divulgación fue acogida por instituciones de enseñanza superior, a partir de lo cual se empezó a destacar la importancia de extender la cultura científica al público. La comunidad de divulgadores comenzó a

---

<sup>11</sup> Reyes, Doraldina. Coloquio Interno sobre Divulgación de la Ciencia. Dirección general de Divulgación de la Ciencia. UNAM. Abril-mayo 2000. p 67.

<sup>12</sup> Fierro, Julieta. El Arte Mágico de la Ciencia. Entrevista por José Ángel Leyva. Revista Información Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Febrero de 1994.

<sup>13</sup> Sánchez Mora, Ana María. Notas del sexto módulo de VII Diplomado de Divulgación de la Ciencia “Historia de la Divulgación de la Ciencia”. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. 2002.

crecer en número y se fundó la Somedicyt<sup>14</sup>, que agrupa a muchos divulgadores en activo”<sup>15</sup>. Y aunque no tenga mucho tiempo de desarrollo esta disciplina ni se encuentre todavía una expansión demasiado amplia, “la divulgación científica sigue siendo en México una actividad de un grupo muy pequeño de personas que la desarrollan con muy buenos resultados”<sup>16</sup>

### Estudio realizado

Con las ideas anteriores sobre la divulgación de la ciencia se desarrolló un programa de charlas interactivas para complementar ciertos temas de los cursos de física a nivel secundaria. El respaldo que se tiene de la aceptación y calidad de estas charlas, es que han sido proporcionadas en por lo menos 350 escuelas secundarias de la Ciudad de México durante los últimos 4 años, avaladas por la Unidad de Actividades Cívicas y Culturales de la Secretaría de Educación Pública. El número de alumnos que han presenciado esta propuesta de complemento a la educación es de aproximadamente 75,000. Un seguimiento estadístico de este programa, para cualquier tipo de estudio, se encuentra fuera del alcance de quienes lo imparten, por las condiciones internas de la SEP y el equipo humano que se requiere para realizarlo.

### En qué consiste el estudio de este trabajo

A 2 grupos de tercer grado de la Escuela Secundaria Diurna No. 35<sup>o</sup> “Vicente Guerrero”, turno vespertino, de la Ciudad de México, se les aplicó en tres ocasiones diferentes cuestionarios a resolver (ver capítulo 3) para cuantificar con esto el nivel de conocimiento de los temas Presión Atmosférica y Ondas. La primera ocasión que contestaron el cuestionario lo hicieron sin haber visto el tema

---

<sup>14</sup> Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica. N. del Autor.

<sup>15</sup> J. Tonda, A. M. Sánchez y N. Chávez, Coordinadores. Antología de la Divulgación de la ciencia en México,. Cuarta de forros. DGDC. UNAM. 2003

<sup>16</sup> Anaya, René. Antología de la Divulgación de la ciencia en México.. J. Tonda, A. M. Sánchez y N. Chávez, Coordinadores. DGDC. UNAM. 2003. p 13.

en clase ni haber escuchado ninguna charla de divulgación. El segundo cuestionario fue resuelto exactamente una semana después de haber visto el tema con el profesor pero sin escuchar charla alguna y el tercer cuestionario, una semana después de complementar la clase con la charla de divulgación, que se realizó, también, una semana después de finalizado el tema en clase.

También a 2 grupos de segundo grado se realizó la evaluación con la misma metodología que a los de tercero, pero con el tema "Tercera Ley de Newton".

Otro tipo de estudio con este trabajo de divulgación de la ciencia nos sería muy difícil de cuantificar o no aportarían un verdadero dato significativo o a tomar a en cuenta, como por ejemplo, cambios motivacionales en los alumnos, niveles de entusiasmo o simplemente diversión. Por eso hemos preferido cuantificar en ellos ciertos avances en un ámbito que le interesaría muchísimo al profesor: que el alumno aprenda. De esta última idea parte la construcción de este estudio.

No es nuestra pretensión intentar corregir con esta propuesta de complemento a la educación todos los años de estancamiento o de ínfimo avance en nuestras escuelas. El problema de la educación en México es un problema muy complicado, pero queremos aportar con esto un modelo de complemento a la educación que pudiera implementarse con bajos costos y resultados alentadores en el corto plazo. A final de cuentas, dentro del estudio "La Educación en México", coordinado por Sergio Cházaro Loaiza<sup>17</sup> se marcan dentro de las primeras propuestas con las que concluye el estudio, como posibles soluciones de la problemática de la educación en nuestro país, varios elementos que cabrían dentro de lo que en esta tesis manejamos. A continuación las transcribimos textualmente:

---

<sup>17</sup> Cházaro Loaiza, Sergio (Coordinador) Claroscuros de la Educación en México. Política Educativa en el Periodo 1995-2000. La Educación en México, Historia, Realidad y Desafíos. Editado por Seguros Comercial América. 2002. pp 326-327

- “Diseñar e implantar un nuevo modelo educativo. Es necesario generar un cambio profundo en la forma en que los niños y jóvenes aprenden en el sistema de educación regular.”
- “Cambiar las funciones del proceso de aprendizaje. En este contexto hay que cambiar las diversas funciones en el aula, dado que la educación ya no debe concebirse como algo que actúa sobre los estudiantes, sino como un aprendizaje construido por ellos, donde el maestro tiende a convertirse como facilitador e inspirador, para que los alumnos asuman su responsabilidad como sujetos de aprendizaje...”
- “Integrar los medios didácticos y de formación en entornos interactivos. En el sistema tradicional, el libro de texto ha sido la principal fuente de información. Sin negar el valor de los libros gratuitos que el sistema público distribuye en las escuelas de educación básica, tanto en lo que se refiere a su contenido como a su función para propiciar la equidad educativa, es preciso abrir el aula hacia las muy diversas y abundantes fuentes de aprendizaje que ofrece la tecnología interactiva actual a través de entornos prescriptivos, democráticos o para la integración de comunidades de aprendizaje.”

## Capítulo 2

### Descripción de la divulgación empleada

A continuación se presenta, de manera escrita y con dibujos, el tipo de discurso que se utilizó frente a los alumnos para cada uno de los tres temas mencionados anteriormente.

### **Presión Atmosférica**

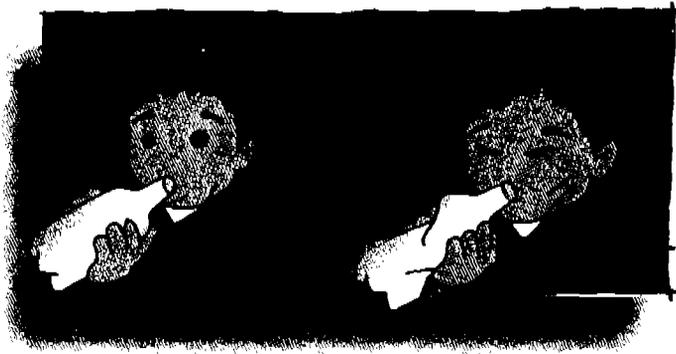
Todos hemos sentido la presión del agua cuando nos sumergimos en una alberca. Esta presión es causada por la cantidad de agua que se encuentra encima de nosotros. Así, a un metro de profundidad “sostenemos” una columna del líquido de un metro de largo, pero a 50 metros de profundidad, la columna es mucho mayor, por lo tanto la presión aumenta considerablemente. El peso del agua que provoca presión cuando nos sumergimos es causado por la fuerza de gravedad terrestre, ya que la Tierra atrae a todos los cuerpos hacia “abajo”. En este momento nos encontramos sumergidos en una alberca... pero de aire. Ahora lo que sostenemos, análogamente a la alberca de agua, es aire. Toda la cantidad de aire que se encuentra por encima de nosotros provoca presión puesto que el aire pesa, mucho menos que el agua, pero pesa. Así, en toda nuestra vida, por muy extraño que parezca, se ha ejercido sobre nosotros presión debido al peso del aire. Lo que denominamos Presión Atmosférica.

#### *Material utilizado*

*Botella de refresco de 600 ml.*

*Chuponcito de plástico.*

Lavemos la botella. Algún estudiante se la colocará en la boca y extraerá el aire que se encuentra dentro ¿Por qué se colapsa ésta al extraerle el aire?



La respuesta es sencilla, aunque no obvia.

Este experimento tan cotidiano que todo mundo ha realizado de niño, se explica tomando en cuenta la presión producida por el peso del aire. Vamos por partes. Al sostener una botella de plástico con la mano, la presión por el peso del aire que se encuentra afuera de la botella, no la colapsa debido a que también se encuentra con aire por dentro. El aire de adentro evita que el aire de afuera la aplaste. Como ambos ambientes se encuentran a la misma presión, no sucede nada. Pero si le extraemos aire a la botella con la boca, la presión interna disminuye porque hay menor cantidad de este gas, por lo tanto, la presión externa es mayor y aplasta a la botella. En caso extremo, si extraemos todo el aire de la botella, la presión interna se anula y la presión externa (la atmosférica) la aplasta totalmente. Ya estamos en condiciones de explicar los efectos que aparentemente provoca un supuesto vacío dentro de la botella: el vacío que conseguimos dentro de la botella al extraer todo el aire interno no es el causante de que nuestra botella se colapse, sino la Presión Atmosférica que se encuentra por afuera. Si pudiéramos realizar este experimento en un lugar donde no hubiera aire o atmósfera, digamos en la Luna, jamás se colapsará la botella, porque se necesita una presión externa que lo realice.

Ahora sostengamos el chuponcito de plástico con la mano. Por costumbre creemos que estos chuponcitos se pegan a los vidrios por la saliva que se les pone con la lengua (algo poco higiénico). En realidad esto no es necesario. Limpiemos perfectamente el vidrio y el chuponcito con un trapo húmedo.

Esperemos a que sequen. Juntemos ambos cuerpos haciendo un poco de presión sobre el chuponcito para desalojar el aire que se encuentra entre él y el vidrio. Ahora sí, podemos observar claramente que se queda pegado; recordemos que no existe nada pegajoso entre ellos. Ya no se encuentra nada entre los materiales, es decir está vacío. Para despegarlo costará un poco de trabajo, se han unido muy bien y ya sabemos por qué. No es el vacío que existe entre los dos cuerpos quien consiguió esta unión. Tampoco podemos decir que el chuponcito se haya adherido al vidrio porque las fuerzas de adherencia que se deben a los efectos moleculares entre dos cuerpos diferentes no existen en este caso. En realidad es la Presión Atmosférica (debido al peso del aire, como ya sabemos) que mantiene al chuponcito pegado indefinidamente contra el vidrio, ya que la presión interna la perdió a la hora de sacar el aire entre ambos cuerpos. Si nos pudiéramos ir a la Luna con el chuponcito “aplastado” al vidrio, inmediatamente se desprendería, porque allá no existe aire que pese y que mantenga al chuponcito pegado.

En este momento hallamos una pregunta que es pertinente resolver de una vez. Al colocar nuestro chuponcito sobre un vidrio que se encuentra acostado (de manera horizontal), no hay problema de imaginar que el peso del aire recae sobre el chupón; para despegarlo habrá que ejercer una fuerza mayor que la que ejerce este peso. Generalmente creemos que la presión que ejerce el peso de los cuerpos es de arriba para abajo solamente, pues en esa dirección nos atrae la Tierra. Pero esto no sucede con el peso de todos los objetos. Los fluidos, como el caso del aire, ejercen presión en todas direcciones por la propiedad más importante que los caracteriza: tienden a ocupar todo el espacio que los contiene.

Imaginemos el siguiente caso. Si me recargo en la pared de un edificio de 20 pisos de altura, ¿mi hombro siente la presión por el peso de toda la estructura? Desde luego que no, porque el edificio es de paredes sólidas y los sólidos tienden a permanecer en el mismo lugar. “Nada” de pared ejerce fuerza sobre nuestro hombro. Pero qué sucederá si por alguna razón el edificio se convierte en agua. Aquí queda claro que nos empujará con una fuerza muy grande porque los

líquidos, al igual que los gases intentan expandirse, y la corriente que se forma nos arrastrará un buen trecho. Esto quiere decir que la presión de los fluidos se ejerce de arriba para abajo, pero también de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, y lo más curioso es que de abajo para arriba también; en todas direcciones.

Entonces si colocamos el chuponcito sobre la parte posterior de un vidrio que se encuentra en posición horizontal, también la Presión Atmosférica lo mantendrá pegado, ahora empuja de abajo hacia arriba.

Hagamos un pequeño orificio en la parte inferior de una botella de refresco de 600 ml. Coloquemos un globo en la boquilla, de tal manera que se pueda inflar hacia adentro. Se podrá inflar el globo ya que por el orificio que se le ha practicado se escapa el aire que se encuentra en su interior, de lo contrario, si no existiera ningún orificio, el globo jamás se pudlora inflar porque el aire interno de la botella no lo permitiría. Ahora que ya sabemos, inflamos el globo y tapemos el orificio con un dedo. La pregunta que ya somos capaces de contestar es la siguiente ¿Por qué al colocar el dedo en el orificio no se desinfla el globo?

Como el aire pesa, esa presión que ejerce el aire externo y que tiene acceso directo a través de la boquilla, es quien mantiene al globo lleno. Si quitamos el dedo del orificio, se introduce aire por abajo con la misma presión que el aire de la boquilla y el globo regresa a su estado "normal".



Utilizaremos ahora, el siguiente

*Material:*

*Lata suave de refresco (por ejemplo de Coca Cola, Fanta o Pepsi Cola)*

*Lata dura de refresco (por ejemplo de Júmex o Frutástica)*

*Recipiente transparente con agua. Puede ser de vidrio o plástico*

*Pinzas de panadero*

*Mechero de alcohol o de gas*

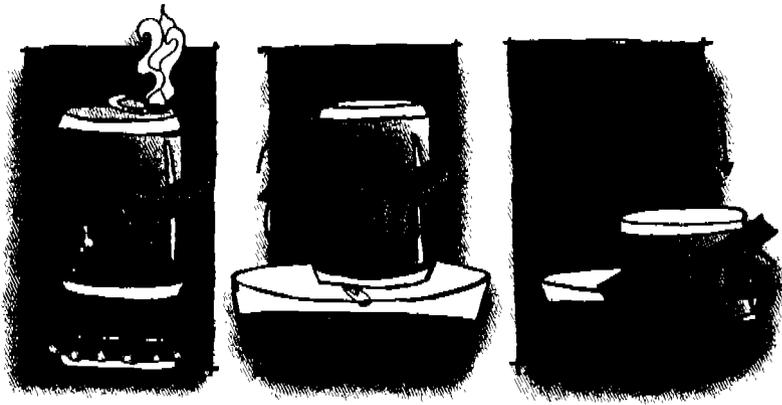
*Cerillos*

*Jeringa*

A la lata suave (sin refresco) le pondremos un chorrito de agua.

Sosteniéndola con las pinzas de panadero y con la boquilla hacia arriba, la calentaremos en el mechero. Después de un rato se observará vapor de agua. Hemos formado así, una nube dentro de la lata, similar a las nubes que existen en el cielo, solamente que de mucho menor tamaño. En un recipiente con agua a temperatura ambiente que tendremos al lado, colocaremos rápidamente la lata con la boquilla hacia abajo. Así se provocará que la nube se enfríe, se condense y comience a "llover" por dentro de ella. Inmediatamente la lata se colapsará bruscamente.

La respuesta<sup>?</sup> del colapso ya la podemos deducir. Al llover dentro de la lata, ésta se encuentra totalmente vacía, puesto que el aire se escapó cuando se formó la nube de agua, y la nube de agua se condensó al enfriarse. Ya no existe ni aire, ni vapor de agua dentro de la lata, está vacía. Pero sabemos que no es este vacío quien la colapsa, sino la presión por el peso del aire que se encuentra afuera.



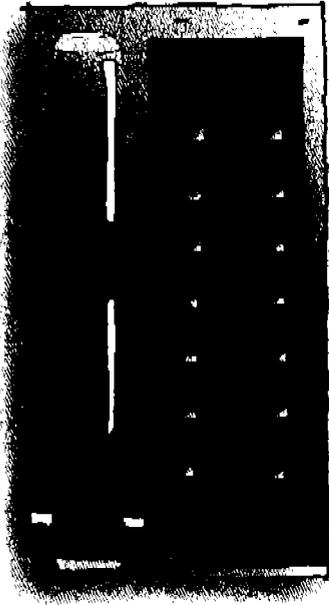
Ahora repetamos el experimento pero con una lata de Júmex. Estas latas son muchísimo más resistentes que las latas ordinarias. Se necesitan, aproximadamente 150 kg de “fuerza” para aplastarlas al colocarlas de pie<sup>18</sup>. Un valor bastante considerable. Antes de dar la respuesta, recordemos la idea que tenemos: estamos creando un vacío dentro de la lata cuando conseguimos lluvia dentro de ella. ¿Alguien podría predecir lo que sucederá? En primera instancia, como la nueva lata es muy resistente, no se colapsa. Es decir, la Presión Atmosférica es suficientemente fuerte como para aplastar a una lata suave, pero no tanto como para aplastar a una de Júmex. No se colapsa esta segunda lata, pero ¡oh sorpresa! se queda pegada al recipiente. Si intentamos retirarla del recipiente no se podrá tan fácilmente. Ahora la presión por el peso del aire empuja a la lata contra el fondo, de la misma manera que al chuponcito de plástico. Al levantar la lata nos daremos cuenta que se quedó muy bien pegada al recipiente. Si utilizamos las dos manos para despegarla, el agua se introducirá rápidamente a la lata. Toda, absolutamente toda la lata de Júmex, se encontrará llena de agua. Al levantarla podremos observar cómo se vacía el agua que “tomó”.

Nuestra lata se llenó debido a que la Presión Atmosférica, que en todo momento empuja al agua (y a la lata) hacia abajo, provoca que el líquido entre por el único resquicio que no contiene presión para impedir su paso: la boquilla de la lata. Ahora la fuerza por el peso del aire, logra que se introduzca agua hacia arriba

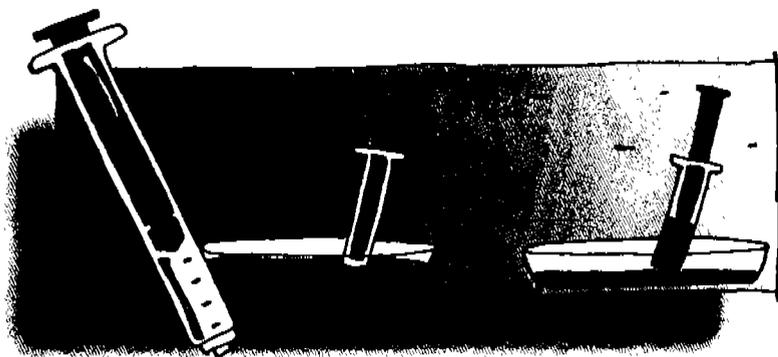
---

<sup>18</sup> Es más comprensible utilizar el término kilogramo-fuerza para hacer referencia a la fuerza.

por la lata. La pregunta es inmediata: ¿a qué altura será capaz de elevar la Presión Atmosférica una columna de agua dentro de una lata gigante? Es decir, si nuestra lata de Júmex fuera muy larga, digamos 10 metros, ¿también se hubiera llenado? ¿Y si fueran 100 metros?



Ahora tomemos una jeringa sin aguja. Coloquemos nuestro recipiente con agua nuevamente. Jalemos el émbolo para “absorber” el líquido y que la jeringa se llene completamente. ¿Por qué se introduce el agua dentro de la jeringa? La respuesta es exactamente la misma que la de la lata de Júmex. Esto tan cotidiano que hemos visto cuando nos vacunan o inyectan, se debe, principalmente, a que la Presión Atmosférica empuja al agua cuando levantamos el émbolo. A la par que sube el émbolo, la presión por el peso del aire consigue que suba el agua. Podemos ver que la respuesta no era tan obvia hasta no comprender el tema.



*Material:*

*Goggles*

*Destapacaños*

La mayoría de las personas, si no es que todos los estudiantes de secundaria, han ido a la alberca o al mar. Es común colocarse *goggles* para proteger los ojos del agua. ¿Qué sucede si después de un chapuzón intentamos quitarnos los *goggles*? Se siente que los ojos se desprenden, pareciera que se quedaran “pegados” a los *goggles*.



La palabra correcta no es “pegados”. Sabemos que la presión del aire se ejerce sobre todos los cuerpos que nos encontramos sumergidos en nuestra “alberca atmosférica”. Esta presión no aplasta a los cuerpos debido a que poseen una presión interna que lo evita. Recordemos que nuestra lata suave de refresco

no se colapsa al principio porque posee aire por dentro con la misma presión que la de afuera. Si le quitamos la presión interna, la presión de afuera “gana” y la aplasta. Algo similar nos sucede a nosotros, aunque nuestra presión interna no es porque tengamos aire por dentro. Más bien, es porque cada una de nuestras células poseen cierta presión que contrarresta a la presión de afuera. Nuestro cuerpo nace con esa presión. Si por alguna razón perdiéramos nuestra presión interna, la Presión Atmosférica nos aplastaría como vil lata de refresco. Pero además, también el caso contrario es muy peligroso: deshacernos de la presión por el peso del aire, porque nuestra presión interna haría que explotáramos.



Recopilemos las ideas. Nuestros cuerpos tienen cierta presión interna que contrarresta la presión por el peso del aire. Si alguien nos pudiera quitar esa presión interna, la Presión Atmosférica nos aplastaría como a la lata suave de refresco. Al revés, si alguien nos quitara la Presión Atmosférica, nuestra presión interna “ganaría” y explotáramos. Un astronauta que se quedara sin traje espacial en la Luna, no se morirá en primera instancia por falta de aire para respirar, se morirá por falta de presión externa que “consigue” que se mantenga a su volumen. Esto es, vivimos “felices y contentos” gracias a que ambas presiones son iguales, al modificarlas, comienzan los problemas.

Regresemos al *gogle*. Coloquémoslo en nuestros ojos y jalémoslo para quitárnoslo, ahora ya no existe tanta presión externa sobre los ojos, porque se encuentran el *gogle* de por medio entre el ojo y la presión por el peso del aire. La presión interna es mayor y empuja al ojo hacia afuera. Cuando nos arrancamos por fin el *gogle*, la Presión Atmosférica ejerce presión sobre el ojo, de afuera hacia adentro, para que éste “regrese a su lugar”.

Hemos exagerado un poco la idea, pero con este experimento, así de sencillo, podemos comprobar efectivamente que poseemos presión interna. Habrá que tener cuidado cuando se realice lo anterior porque podemos lastimarnos los ojos.

Al entender que el aire pesa, sabemos que las capas de aire que se encuentren más abajo, digamos a nivel del mar, están más comprimidas que las capas de aire en lo alto de una gran montaña. Porque en el mar, la cantidad de aire por encima es mayor. Esto quiere decir que si inflo un globo en Acapulco y me desplazo a la Ciudad de México, el globo se encontrará ligeramente más grande, porque la presión del aire del globo en Acapulco, es mayor que cuando se encuentre en la Ciudad de México.

Sabiendo lo anterior ¿cuál es el destino final de los globos de feria que se escapan de las manos de los pequeños?



Los destapacaños funcionan por la misma razón que un *gogle* se queda pegado a nuestros ojos. Al jalar para destapar, disminuimos la presión entre el destapacaños y el material bloqueado, la presión interna del material “empuja” hasta que se destraba.

Las variaciones de la presión en los cuerpos, en primera instancia pueden provocar cambios de volumen. Los problemas iniciales a los que se enfrentaron (y se siguen enfrentando) los buzos van por ese camino. Al introducirse a una profundidad considerable por debajo de la superficie del agua, el cuerpo humano debe adaptarse rápidamente a la nueva presión que los “intenta aplastar”. En realidad el problema no se encuentra al descender, sino al ascender. En este caso, la presión del aire de los pulmones, si no es regulada apropiadamente, se vuelve mucho mayor que la presión exterior, lo que provoca que los pulmones exploten. Para evitarlo, el buzo tiene que ascender lentamente, haciendo “paradas” con tiempos considerables a determinadas alturas, regulando la presión del aire pulmonar para igualarla poco a poco a la exterior.

## ***Ondas***

Sin exagerar, podemos decir que el estudio de la física se encuentra constituido en un 50% por fenómenos ondulatorios. Es de suponerse entonces, que se debe poner un gran énfasis en la manera que este tema se presenta en la escuela.

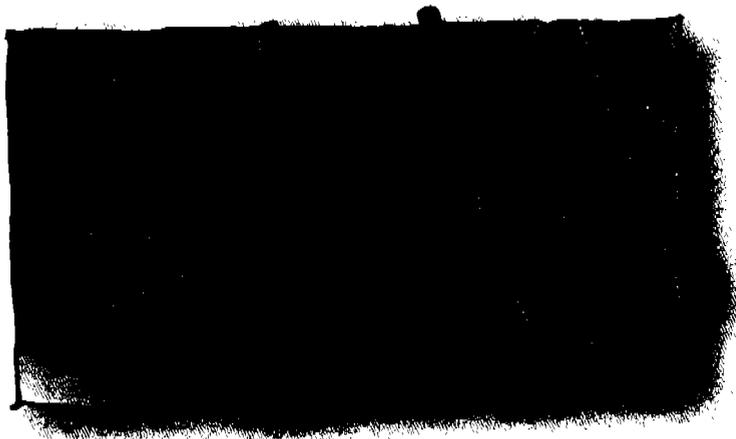
Existen ondas por todas partes. Las olas del agua son las ondas más conocidas, pero no son las únicas, desde luego. Los sismos son ondas sobre la superficie sólida de nuestro planeta, el sonido son ondas por el aire, la luz que llega del Sol o de las lámparas de nuestra casa, también se propagan a través de ondas. Sin olvidar a las "partículas" subatómicas, que en ocasiones también se comportan como ondas.

### ***Material:***

*100 varillas de madera de 30 cm. de largo y 1/2 pulg. de diámetro*

*Hilo nylon de 90 lb.*

*Popotes.*



A cada una de las varillas se le harán un par de orificios a una distancia de un centímetro a ambos lados del centro. Se ocupará un taladro con una broca muy delgada, aproximadamente 1/16 de pulgada.

Se pasará el hilo nylon de ida y de regreso para construir una escalera con todas las varillas, solamente que entre varilla y varilla pondremos un popote, para asegurarnos que la distancia entre ellas se mantenga constante.

Con un par de compañeros sostendremos ambos extremos de todo nuestro conjunto de varillas. Habrá que estirarlo lo más tenso posible. El hilo nylon es suficientemente resistente como para temer que se rompa. En uno de los extremos provocaremos una perturbación, es decir levantaremos y bajaremos la segunda varilla (ya que la primera es la que estamos agarrando). Este movimiento será transmitido a todas las demás y viajará algo muy similar a una ola. Lo que acabamos de construir es un excelente transportador de ondas. Observemos algunas características de ellas.



Al mandar una onda por todas las varillas, podemos apreciar que éstas solamente suben y bajan pero no se desplazan en la dirección en la que lo hace la onda. Esto quiere decir que una onda no transporta material, solamente transporta

energía. Algo muy similar sucede cuando hacemos "la ola" en el estadio. Uno sube y baja en el mismo lugar pero jamás es arrastrado por "la ola". Lo mismo pasa en las varillas, éstas suben y bajan, pero no se mueven en la dirección en la que se mueve la onda. Dicho con otras palabras, cuando una onda viaja hacia la mano de quien lo esté agarrando en un extremo, en la mano no se acumulan varillas, porque ya sabemos que las varillas se quedan en el mismo lugar donde comenzaron. Ahora ¿qué sucede con la onda si las varillas se terminan? Está claro que la onda (o parte de ella) se regresa. Si el medio por donde viaja una onda se termina, parte de la onda se regresa en forma de otra onda, aunque parte de la energía de la onda se traspassa al siguiente medio. Algo muy similar sucede cuando producimos eco. Al hablar frente a una gran pared, el sonido se regresa. Es decir, el aire por donde viaja la onda sonora (para este caso) se termina, entonces parte de la energía sonora se regresa en forma de otra onda. Es así como escuchamos nuevamente nuestra propia voz.

¿Qué sucederá si ahora hacemos chocar dos ondas de frente en nuestras varillas? Mandemos una primera onda, esperemos que llegue al extremo contrario, ahí se reflejará. Mandemos una segunda onda para que se encuentre justo de frente con la primera a la mitad de nuestra serie de varillas. Si las dos ondas que hemos formado son de amplitudes similares no apreciaremos muy bien qué ha sucedido.

En realidad existen varias posibilidades: que al chocar reboten, que se atraviesen, que se anulen, que una se "coma" a la otra, etc. Para poder observar claramente, mejor haremos la primera onda muy grande y la segunda muy pequeña. Ahora sí es claro, ambas ondas se encuentran de frente y siguen como si nada. Cuando dos ondas con direcciones opuestas se hallan frente a frente, continúan su camino como si no existiera la otra. Aprovechando lo que acabamos de descubrir mandemos muchas ondas, esperemos a que lleguen al extremo contrario y sigamos haciendo más, para que se atraviesen las que van contra las

que vienen. De esta manera podemos crear ondas estacionarias que explicaremos con detalle en las Placas de Chlandi.

*Material:*

*Placa de latón cuadrada de 30 por 30 cm. y de 1/8 plg de espesor*

*Hilo de nylon de 90 lb.*

*Arco de segueta*

*Soporte Universal*

*Sal*

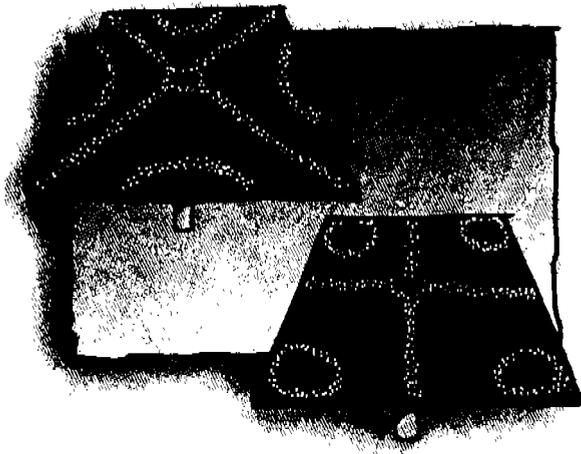
*Brea*

La placa de latón estará firmemente sujeta por el centro. Esto puede realizarse en un Soporte Universal. Se debe rociar sal de mesa sobre la placa. El hilo nylon se sujeta firmemente de los extremos del arco de segueta. A este hilo le pondremos un poco de brea. Con mucho cuidado para no desnivelar la placa, sobre una de las orillas rasparemos con el hilo. Buscaremos el lugar apropiado hasta que se empiece a escuchar una nota de sonido. En ese momento la sal se acomodará y formará una figura sobre la superficie de la placa. Nuevamente buscaremos una segunda posición en donde al raspar con el arco, encontramos una nota diferente, así se formará una nueva figura. De esta manera podemos construir muchas figuras, hasta 25 o 30 y cada una de ellas estará asociada a un sonido particular.

El sonido que se escucha no es el causante de las figuras que observamos. Ambos fenómenos están producidos por el mismo efecto. Con la idea del último experimento de las varillas entenderemos el por qué de las figuras y de las notas.

Al perturbar uno de los lados de la placa, estamos formando ondas sobre ella. Si éstas llegan a algún extremo, sabremos que se regresan, así, las ondas que van chocan con las que vienen y se atraviesan todas contra todas.

Sucedan dos cosas cuando las ondas se encuentran de frente: que se sumen o que se resten. Las partes de la placa donde se suman las ondas vibran tanto, que la sal comienza a brincar. Las partes de la placa donde las ondas se restan no se mueven nada, y la sal descansa en ese lugar perfectamente. Las figuras que observamos son producidas por las partes de la placa que no se mueven cuando las ondas pasan a través de ella y se atraviesan entre sí.



Como existen ondas de todas las formas posibles, “altas”, “chaparras”, “flacas” o “gordas”, por cada onda diferente que pase por la placa, serán diferentes las partes de ella que no se muevan y nos proporcionará una figura distinta. Es decir, por cada tipo de onda, tenemos una figura particular.

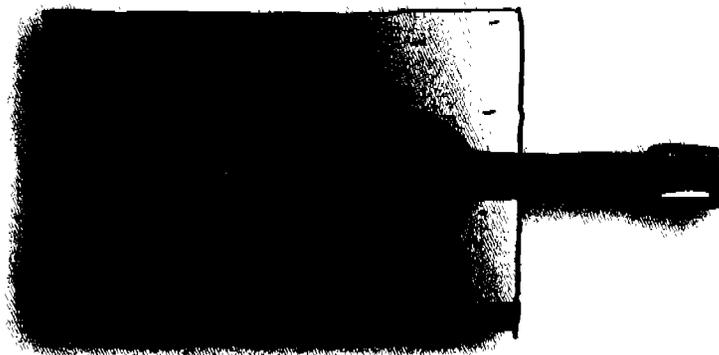
¿A qué se debe el sonido que apreciamos? Sabemos que la placa se encuentra rodeada de aire. Este aire se moverá debido a que la placa vibra. Las ondas en la placa producen ondas en el aire, y esto no es otra cosa que sonido. Adelante explicaremos con más detalle las características del sonido.

El tono que nos proporciona cada figura depende de la velocidad con la que vibra ésta. Ya sabemos que es posible mandar ondas de diferentes características

para obtener diversas figuras. Ondas largas producirán figuras distintas que ondas cortas.

Pero no sólo eso, las ondas largas provocan vaivén más lento que las ondas cortas. Es decir, una onda que tenga una distancia entre dos partes altas de 3 cm, producirá una vibración a mayor velocidad de arriba para abajo de la placa, que una onda de 6 cm, por ejemplo. Vibraciones rápidas se traducen en sonidos agudos. Vibraciones lentas en sonidos graves. La gama de todas las ondas que hagamos viajar nos da un amplio repertorio de sonidos. Este tipo de ondas que hemos formado en la placa y anteriormente en las varillas, se denominan ondas transversales. Estas son aquellas en donde el medio por donde viajan se mueve perpendicularmente a la dirección de la onda. Es decir, si una ola en el mar se desplaza hacia el frente, las partes del agua se mueven para arriba y para abajo.

Métodos muy similares a los observados cuando experimentamos en la Placa de Chlandi, se utilizan en la afinación de ciertos instrumentos musicales. Tomando una guitarra con las cuerdas hacia abajo y provocando una nota al hacer vibrar una de ella, el cuerpo de la guitarra se moverá de tal forma que se pudiera formar una figura parecida a las que hemos visto. Cada sonido escuchado en la guitarra nos proporciona un dibujo diferente. El método de Chlandi es muy efectivo para estudiar el buen diseño de guitarras, de violines, de cellos o de guitarrones.



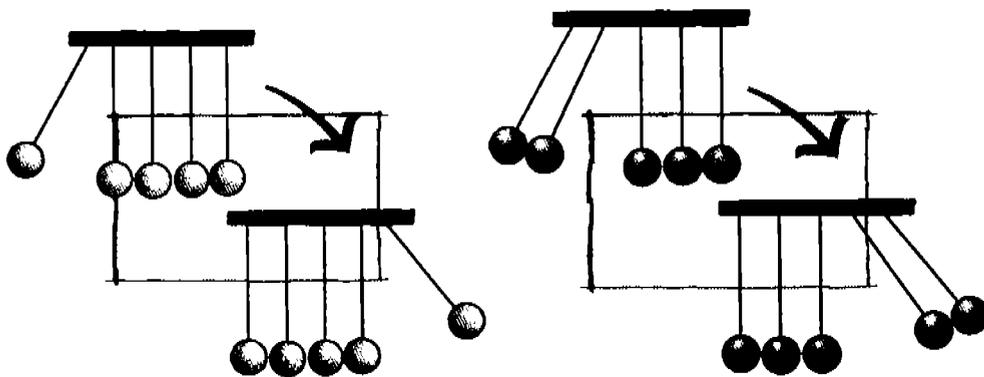
**Material:**

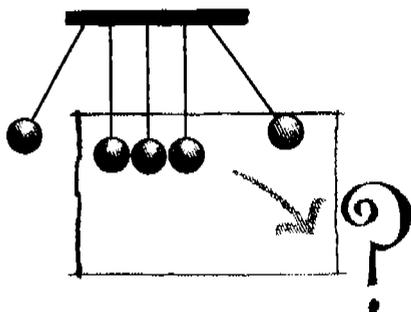
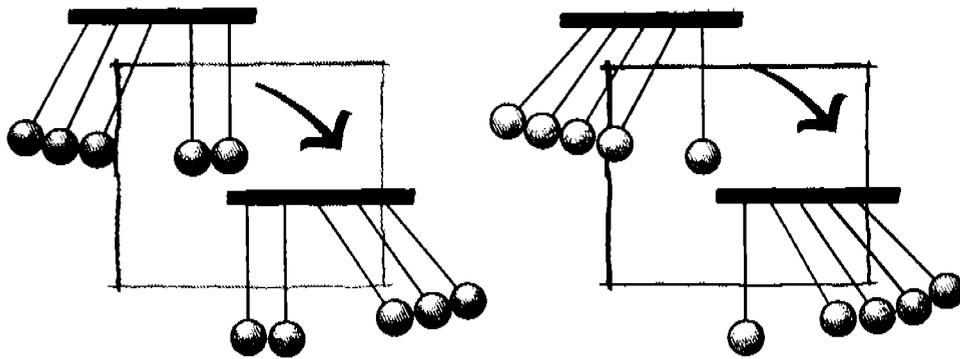
**3 pares de esferitas "Taca-taca", para formar lo que se conoce comúnmente como Cuna de Newton**

**2 varillas de soporte**

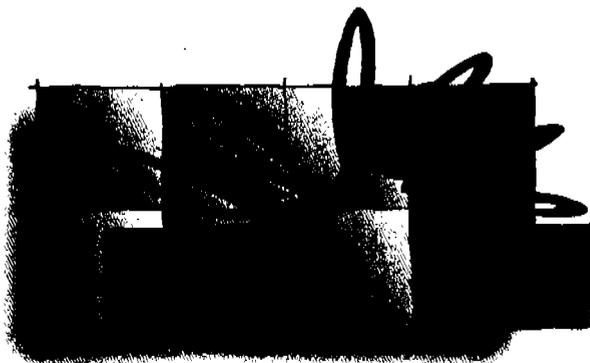
Cada una de las esferitas debe ser sostenida con sus hilos por ambos extremos de las varillas. Son cinco esferitas solamente, una tras otra las que tendremos al final.

Levantemos primeramente una, la que se encuentre en cualquiera de los dos extremos. ¿Qué sucede al soltarla? Se levante la del extremo contrario. ¿Y si ahora levantamos 2 del mismo lado? Al soltarlas salen las dos del otro lado. ¿Pero si levantamos 3? Contrario a lo que la mayoría pensaría, se van a levantar tres del otro extremo aunque solamente queden dos, porque la esferita de en medio se "comparte" hacia ambos lados y también se mueve. Si levantamos 4 ya sabemos qué va a suceder, ahora salen 4 del otro lado, en este caso se comparten 3. En pocas palabras, siempre salen la misma cantidad de esferitas que levantemos. Ahora, ¿qué va a pasar si levantamos una esferita de cada lado? Ambas "rebotan". Pero este rebote es distinto al que estamos acostumbrados a ver en los balones de básquetbol o fútbol. Más adelante aclararemos a qué nos referimos. Si levantamos 3 de un lado y 1 del otro veamos qué sucede. Ahora 4 y 1 ó 2 y 1.





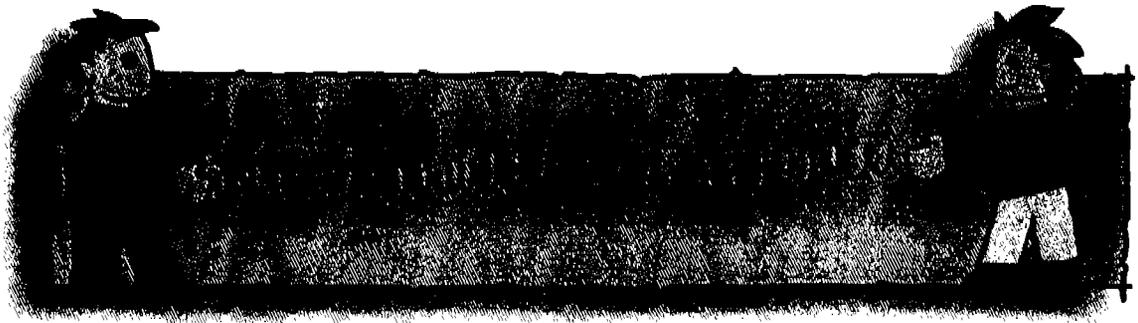
Tomemos un resorte de los que venden como juguete denominados “gusi-gusano”.



Estirémoslo lo que más se pueda con ayuda de dos compañeros por ambos extremos. Ahora, uno de ellos debe sujetar con una mano varias espiras del resorte y las debe comprimir. Al soltarlas rápidamente, algo se moverá a lo largo

de todo el resorte, llegará al extremo opuesto y regresará. ¿Qué es lo que se observa que se mueve?

Fijémonos bien. Al comprimir unas espiras de un extremo del resorte y soltarlas rápidamente, las espiras que siguen se comprimen un poco, posteriormente se expanden, entonces comprimen a las que siguen, se expanden, comprimen a las que siguen y así sucesivamente. Lo que se observa que viaja son compresiones y expansiones de las espiras. Tenemos una onda pero diferente a las que hicimos en las varillas. Este tipo de ondas se denominan longitudinales; las primeras, ya sabemos, son las transversales.



El sonido viaja a través del aire de la misma manera en que lo hace la onda en nuestro “gusi-gusano”. Al hablar, el aire que se encuentra frente a nuestra boca se comprime, cuando se expande comprime al aire que sigue, etc., hasta que llega a los oídos de alguien y pueden escuchar. El sonido no es otra cosa más que ondas longitudinales a través del aire.

¿Qué sucede en nuestras esferitas? Exactamente lo mismo. Al levantar una de las esferas y golpear a la segunda, las moléculas de esta última se comprimen por el impacto, al expandirse comprimen a las que siguen, se expanden, comprimen a las que siguen, así sucesivamente hasta que llega a la última; ésta ya no tiene a quien pasarla la energía de la onda y se levanta. Entonces, si levantamos dos esferitas, se produce dos ondas. La onda de la segunda pasa a la última esfera y la onda de la primera a la penúltima, por eso se levantan 2. Lo

interesante viene cuando levantamos tres. Ya sabemos que se producen tres ondas. La onda de la tercera se la pasa a la última, la onda de la segunda a la penúltima y la onda de la primera a la tercera nuevamente. Por esta razón la tercera esfera se mueve para ambos lados. Se producen siempre tantas ondas como esferitas levantemos. Si levantamos cuatro esferas, se producen cuatro ondas y salen cuatro del otro lado.

¿Cómo podemos comprobar que efectivamente son ondas las que viajan por las esferas?

Recordemos el caso de levantar un par de esferas, una de cada lado. Podemos observar que ambas esferas “rebotan”. Pero pongamos un poco más de atención. Si las bolitas efectivamente rebotan, al levantar la de la derecha a una altura doble que la de la izquierda, uno esperaría que la de la derecha rebote casi a la misma altura de la que se soltó, pues eso sucede con las pelotas normales. Así, la de la izquierda también rebota casi a su misma altura. Pero si fueran ondas las que se transportan por todas las demás esferas, se deberá intercambiar la altura: la de la izquierda subirá más que la de la derecha, puesto que las ondas viajan en sentido contrario por las tres esferas de en medio, se cruzarán en la tercera, pero luego seguirán su camino como si nada, cambiando de posición. Al hacerlo se observa claramente que el rebote no es como los que conocemos. Efectivamente existe un intercambio de ondas.

Los tres casos de ondas que hemos visto, el resorte, el sonido y las esferitas, son denominados, ya sabemos, ondas longitudinales. Estas son aquellas donde el medio por donde viaja una onda se mueve en la misma dirección que la onda misma.

### ***Tercera Ley de Newton***

Pocas leyes de la naturaleza son tan fáciles de apreciar tan cotidianamente (una vez que se entienden, claro está) como la Tercera Ley de Newton. Ésta se encuentra en todos lados, pero por lo mismo, curiosamente no es fácil descubrirla (o redescubrirla). Se encuentra al ponemos de pie si nos levantamos de nuestra cama, al caminar hacia la escuela, al saludarnos con nuestros amigos o besarnos con nuestra (o) novia (o). Tenemos que proponer ejemplos extremos donde la apreciemos para que poco a poco veamos sus alcances a nuestro alrededor.

*Material:*

*Bomba para inflar balones*

*Botella de refresco de 600 ml.*

*Tapón de hule del No. 3*

*Válvula*

Pensemos inicialmente en el siguiente caso. Ana se encuentra a la hora del descanso comiéndose su torta, quietecita. Sin darse cuenta, Erica viene corriendo y accidentalmente golpea su cabeza contra la cabeza de ella, justo en el mismo lugar. Que quede claro, Ana se encuentra quieta y Erica está corriendo. La pregunta es ¿a quién le duele más el golpe? ¿A la que está en reposo o a la que está moviéndose? La realidad no es clara para muchos: a las dos les duele exactamente igual si se golpean en la misma parte del cuerpo.



Ésa es justamente una consecuencia de la Tercera Ley de Newton. Fíjense bien. Siempre que un cuerpo ejerza una fuerza sobre otro, el segundo aunque esté muerto, esté frío, esté flaco, esté como esté, le va a regresar la fuerza al primero con la misma intensidad pero en dirección contraria. Veamos. Si con mi puño golpeo la pared, siento que la pared le pega a mi puño y me duele. ¿La pared tiene ganas de golpearme? Está claro que no, porque la pared no tiene vida. Pero si tuviera vida seguramente le dolería tanto como le esta doliendo a mi mano. Aunque solamente yo dé el golpe, ambos nos ejercemos fuerza a la vez.

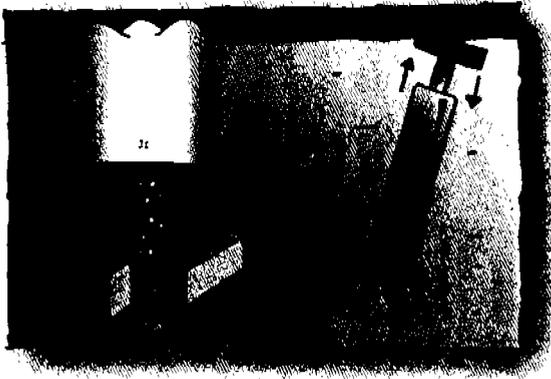
Un ejemplo más. Al caminar, lo que hacemos es empujar con nuestros pies al piso hacia atrás, entonces el piso hace lo propio y nos empuja hacia delante, por eso avanzamos. Nos movemos hacia delante gracias a que el piso nos empuja en esa dirección.

No terminaríamos, como ya dijimos, en mencionar ejemplos de la Tercera Ley de Newton. Entonces, realicemos uno muy vistoso.

A una botella de refresco le agregaremos la tercera parte de agua. Haremos un orificio en el tapón de hule con una válvula para inflar balones. Colocaremos el tapón en la boquilla de la botella lo mejor que se pueda y con nuestra bomba, mandaremos aire adentro para aumentar la presión, similar a inflar un balón. Nuestra botella estará “apuntando” hacia arriba, con la boquilla y el tapón, pegados al piso.

Debemos construir una plataforma para que la botella no se caiga, que puede ser con dos o tres piedras o con ladrillos.

Empecemos a aumentar la presión hasta que el tapón ya no “soporte” y se zafe. La botella subirá hasta 20 metros de altura. ¿Por qué?



Al aumentar la presión dentro de la botella, el aire que ocupa dos terceras partes de su interior se comienza a comprimir. Se zafa el tapón por tanta presión, el aire se expande rápidamente empujando a la botella hacia arriba y el agua hacia abajo. Dicho con otras palabras, la botella a través del aire, empuja al agua en una dirección y el agua a través del mismo medio empuja a la botella en dirección contraria. Ambos cuerpos se avientan y la fuerza con la que nos salpique el agua será la fuerza con la que suba la botella. El combustible de nuestra botella es el líquido que le colocámos. De la misma manera funcionan los cohetes de verdad, los que van al espacio, solamente que los combustibles que ellos utilizan son unos que se pueden quemar. El cohete aviente al combustible ardiendo hacia abajo y el combustible hace lo propio aventando al cohete hacia arriba. Por eso se elevan los cohetes: necesitan “apoyarse” de algo para tomar impulso y subir, justamente su combustible. El apoyo de nuestro cohete, en cambio, es el agua.

¿Por qué solamente llenamos la tercera parte de agua de la botella y no toda, o por qué no menos?

Al poner más agua a la botella (vamos al caso extremo de llenarla totalmente), cuando explote y se zafe el tapón, el primer chorro de agua que sale tiene que empujar a la botella más el agua que sigue adentro, por lo tanto ya es demasiado peso y no sube tanto. El otro caso extremo es no ponerle agua, aquí ya no existe cuerpo de dónde apoyarse la botella para subir. Claro que está el puro aire, pero no es suficientemente masivo para empujar a la botella a una buena altura, en otras palabras, ya no tiene combustible nuestro cohete. Hemos encontrado algo curioso, si llenamos totalmente la botella con agua, pesa mucho y no sube prácticamente nada, y si no la llenamos, no tiene combustible que la empuje y tampoco sube. ¿Cuál es la cantidad de agua necesaria para que suba lo que más se puede? Un buen ejercicio es calcular experimentalmente este valor. Obtendrán como resultado, la tercera parte aproximadamente.

## Capítulo 3

### ¿Divulgación o no divulgación?

Hemos descrito hasta aquí el discurso utilizado en las charlas de divulgación, pero encontramos un problema que sería pertinente discutirlo ampliamente.

Partimos de una propuesta central en la elaboración de este estudio: las charlas realizadas frente a los grupos de secundaria caen dentro del ámbito de la divulgación de la ciencia. Pero solamente algunos divulgadores consultados para esta tesis, aseguran que la divulgación de la ciencia tenga como prioridad, o se encuentre dentro de sus objetivos, proveer conocimiento. Este estudio, al contrario, utiliza esa idea como argumento central, aunque, desde luego, complementando a la educación formal, nunca sustituyéndola.

Este problema pudiera parecer poco significativo para muchas personas dedicadas al ámbito educativo, ya que se pudiera pensar simplemente que nuestra propuesta de complemento a la educación ahí está, existe, independientemente del nombre que nosotros le queremos poner. Pero lo que pretendemos con este capítulo proviene de una vieja discusión que se ha tenido en México, desde por lo menos 15 años, en la mayoría de los Congresos Nacionales de Divulgación de la Ciencia y la Técnica organizados por la Sociedad Mexicana de Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT) sobre los alcances y límites de esta disciplina, sobre sus fronteras y su conexión con la educación y con otros ámbitos de la enseñanza. La importancia de la siguiente discusión radica en la aceptación que deseamos se otorgue a este trabajo para ser tomado en cuenta como divulgación de la ciencia.

Partimos de un texto de la Maestra Eleine Reynoso que presenta en su tesis para obtener el título de Maestría en Enseñanza Superior<sup>19</sup>. Lo siguiente es

---

<sup>19</sup> Reynoso Haynes, Eleine El Museo de las Ciencias: un apoyo a la Educación Formal. Tesis para Optar por el Grado de Maestría en Enseñanza Superior. UNAM. 2000

un extracto del primer capítulo, que nos servirá como introducción para lo que pretendemos posteriormente.

### **“La relación entre la Enseñanza y la Divulgación de la Ciencia”**

“Se han suscitado muchas discusiones en torno a la relación entre la enseñanza formal y la divulgación de la ciencia. En un extremo se encuentran los que opinan que son radicalmente distintas, con propuestas y objetivos propios. En el otro extremo están los que las consideran muy cercanas, calificando a la divulgación como enseñanza no formal y cuyo objetivo fundamental es servir de complemento a la formal. Personalmente, pienso que la frontera entre las dos es muy difusa y que más bien se podría colocar en un continuo, considerándolas como tareas complementarias en la labor de contribuir a la formación de una cultura científica de la sociedad. Lo anterior se basa en la creencia de que todas las experiencias que vivimos, no sólo lo que ocurre dentro del salón de clases, contribuyen a la construcción de nuestro conocimiento sobre el mundo en que vivimos (Reynoso, 1997)<sup>20</sup>. David Hawkins (1992)<sup>21</sup> comenta que si la definición de educación abarcara todo lo que han aprendido las personas desde su nacimiento, como resultado de vivir en el mundo natural y el humano, entonces, bajo cualquier criterio utilizado para medir el aprendizaje, el peso de lo logrado antes de los cinco o seis años de edad superaría a todo lo que viene después. Por lo tanto, se podría decir que el aprendizaje es un proceso continuo, que no se restringe a la escuela únicamente y lo que se aprende fuera de ésta en particular a través de la enseñanza no formal, representa una parte importante de nuestro conocimiento.

Se entiende por enseñanza formal la que se da en la escuela y se distingue, entre otras cosas, por su certificación oficial. La enseñanza no formal es la que

---

<sup>20</sup> Reynoso, H.E. (1997). “ La relación entre museos de ciencia interactivos y la enseñanza formal”. Ponencia presentada en la V reunión de la Red Pop, UNESCO., La Plata, Argentina, 21-23 de abril de 1997.

<sup>21</sup> Hawkins, D. (1992). “Messing about in Science. A New Place for learning Science. ASTC. Washington, D.C., 73-79

contribuye a la formación de los individuos pero no tienen ningún valor curricular. Algunas características distintivas entre una y otra serían las siguientes:

#### Enseñanza no-formal

- Voluntaria
- No-estructurada
- La comunicación se basa más en el empleo de objetos y ayudas visuales
- Dirigida por el que aprende
- Cercana a la realidad
- Estimulada en la interacción social
- Sin certificación
- Motivación intrínseca

#### Enseñanza formal

- Obligatoria
- Estructurada
- La comunicación es más bien oral y a base de símbolos
- Dirigida por el que enseña
- Alejada de la realidad
- Estimulada en el trabajo individual
- Con certificación
- Motivación extrínseca<sup>22</sup>

El listado anterior presenta posturas extremas y estereotipadas de lo que es la enseñanza formal y la no-formal. La tendencia, en muchas escuelas, es hacia algunas de las características de la columna segunda. Por otro lado, cuando se utilizan productos considerados propios de la enseñanza no-formal para la

---

<sup>22</sup> Ramey-Gassert y H. Walberg (1994). "Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments". *Science Education*. 78, no. 4, 345-363.

enseñanza formal, la primera empieza a presentar ciertas características de la columna de abajo. La enseñanza no-formal pierde su carácter de voluntaria por ejemplo, cuando la lectura de un libro de divulgación es impuesta o cuando se le envía a un estudiante a un museo con una tarea muy rígida a realizar. En un museo, las características de “no-estructurado” y “dirigido por el que aprende” cambian cuando se da una visita guiada que se asemeje a una cátedra y no se le da a los visitantes la oportunidad de ver, a su ritmo, lo que se exhibe. Lo mismo ocurre con la motivación, intrínseca en el caso de la enseñanza no-formal y extrínseca para la escuela. De acuerdo a la definición de Ramey-Gassert y Walberg, la motivación intrínseca tiene como consecuencia un aprendizaje voluntario y creativo, por el simple gusto de saber o de hacer algo. La motivación extrínseca para aprender depende de alguna recompensa externa al individuo, como puede ser el dinero, el prestigio o aprobar un examen. Nuevamente, la motivación extrínseca puede disminuir o desaparecer cuando la visita a un museo es obligada. En la escuela la motivación intrínseca para aprender se puede realizar, si se toman en cuenta ciertas características del aprendiz, como son sus intereses y dificultades para entender el material que se le presenta. Lo anterior también es aplicable al ámbito no formal.

En el ámbito formal, las características de “estructurado” y “dirigido” por el que enseña” tienden a hacerse mucho más flexibles en las nuevas propuestas didácticas. Se sugiere que el alumno sea más dueño de su propio aprendizaje para lo cual se intenta interesarlo más en ese proceso, presentándole una mayor conexión entre lo que se le enseña y su realidad cotidiana, así como dándole la libertad de indagar sobre temas que le interesan.

Desde mi punto de vista, las personas que afirman que la enseñanza formal de la ciencia y su divulgación son dos tareas totalmente ajenas, tienen esta idea estereotipada de la enseñanza formal y consideran que la divulgación no debe ser considerada como un apoyo a ésta. Considero que un acercamiento entre ambas aportaría grandes beneficios para las dos labores.”

¿Verdaderamente son divulgación de la ciencia las charlas expuestas a los alumnos?

El escrito de Eleine Reynoso nos ha servido como introducción para los comentarios de otros autores que a continuación veremos. Ella comenta que "Se han suscitado muchas discusiones en torno a la relación entre la enseñanza formal y la divulgación de la ciencia. En un extremo se encuentran los que opinan que son radicalmente distintas, con propuestas y objetivos propios. En el otro extremo están los que las consideran muy cercanas, calificando a la divulgación como enseñanza no formal y cuyo objetivo fundamental es servir de complemento a la formal". Quisiéramos ampliar la discusión sobre los autores a los que ella se refiere como los que separan tajantemente a la divulgación de la educación y quienes no encuentran tal alejamiento.

Primeramente tendríamos que definir lo que es divulgación de la ciencia, pero nos encontramos con un problema central: no existe una definición precisa, de "diccionario", sobre este término, ya que encontramos tantas definiciones como divulgadores hay, y cada uno de ellos enmarca a la divulgación de manera distinta.

En el capítulo 1 ya mencionamos algunas definiciones que desde luego necesitamos ampliar. A continuación mostramos algunas otras, comenzando con una lista de definiciones e ideas de varios profesionales de la divulgación, que a opinión de ellos, dudarían que las charlas que se proporcionaron a los alumnos se engloben dentro del ámbito de la divulgación. Inmediatamente después de cada definición o idea, hacemos comentarios. Todas las citas fueron obtenidas de la Antología de la Divulgación de la Ciencia en México, Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez, Coordinadores, Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, 2003.

- Manuel Calvo Hernando: “La divulgación de la ciencia es aquello que comprende todo tipo de actividades de ampliación y actualización del conocimiento, con una sola condición: que sean tareas extraescolares, que se encuentren fuera de la enseñanza académica y regulada, y que estén dedicadas al público no especialista”.

Esta primera definición excluye tajantemente a nuestras charlas como divulgación, ya que éstas se presentaron dentro de un salón de clases, en horarios establecidos.

- Martín Bonfil Olivera. “La divulgación científica es una actividad esencialmente de difusión cultural. Si quisiéramos ser grandilocuentes, diríamos que su objetivo es fomentar la cultura científica de la población. Si somos modestos, basta con reconocer nuestra ilusión de compartir aquello que la ciencia tiene de asombroso y apasionante, y recordar que para ello es necesario dar al público las armas para que pueda apreciarlo. Dicho de otra manera, la divulgación científica, concebida con esta visión cultural, aspira menos a educar que a promover la *apreciación* de la ciencia (en el mismo sentido en que se promueve, por ejemplo, la apreciación del arte). La divulgación de la ciencia, por su parte, si bien aspira a comunicar el espíritu de la empresa científica y la importancia de sus métodos, su forma de abordar los problemas y sus resultados, no necesariamente está obligada a respetar el nivel de detalle que sería requerido, en digamos, un informe de investigación. Por el contrario: el divulgador, en objetivo de su objetivo supremo –la comunicación de las ideas científicas a un público– debe esforzarse por adaptar su mensaje a las necesidades, intereses y características propias de ese público. Esto muchas veces quiere decir que tendrá que seleccionarse sólo aquella información que sea pertinente y accesible a quien va a recibirla. La divulgación de la ciencia, aspira sobre todo, a capturar a su audiencia; ya tendrá ésta, más adelante, ocasión de conocer los detalles, ya sea mediante obras de divulgación de más alto nivel o mediante la enseñanza formal. Hay también quien está convencido

de que la enseñanza de la ciencia en las escuelas tiene profundas carencias y limitaciones, que pueden y deben ser llenadas por los divulgadores”.

Al parecer, Martín Bonfil no comparte la idea que en su última frase expresa: “hay quien está convencido de que la enseñanza de las ciencias en las escuelas tiene profundas carencias y limitaciones, que pueden ser llenadas por los divulgadores”. Nosotros somos quienes sí estamos convencidos. Bonfil acepta, como mejor recurso de la divulgación, una primera idea sobre lo que indudablemente proporcionan nuestras charlas: la apreciación y el goce por la ciencia. Pero por ser este es un aspecto incuantificable, buscamos elementos que sí fueran *medibles* en esta tesis, como la adquisición del conocimiento y con lo que Bonfil no es muy adepto.

- José Antonio Chamizo Guerrero. “A través de la divulgación de la ciencia se le da a conocer al público no especializado cómo se lleva a cabo el quehacer científico, así como sus resultados. Los métodos que se emplean para llegar a un descubrimiento, la importancia que un determinado avance científico tiene para el resto de la sociedad y la diferencia entre ciencia y otros conocimientos. Su propósito a largo plazo es contribuir a formar una cultura científica en la población y el aprecio social del valor de la ciencia para el desarrollo de nuestro país.

De acuerdo con la anterior premisa, un divulgador de la ciencia debe tener muy claro, además del propio conocimiento científico, una postura social ante este mismo conocimiento. No hay divulgadores inocentes. Es, un prestador de servicios, aunque también puede ser un autor”.

En la definición anterior podemos ver una nueva clasificación que le daríamos a los divulgadores: aquellos que divulgan ciencia contemporánea (temas de actualidad) y aquellos que divulgan ciencia “clásica”. Desde luego que existen divulgadores que dominan ambos territorios. Aunque en primera instancia pareciera una clasificación sin demasiada importancia ni rigor, es muy repetitiva esta idea en muchos divulgadores, y por eso lo consideramos. En los primeros (sin

adentrarnos en una discusión amplia) podemos mencionar a la mayoría de los periodistas científicos, ya que ante todo, buscan la noticia, a investigadores que presentan conferencias sobre la rama de la ciencia en que trabajan en ese momento o algunos articulistas que se especializan solamente en temas de novedad (clonación, genoma humano, etc.). Lo segundos pueden ser articulistas de temas históricos, o, como nosotros, conferencistas de aspectos científicos ya conocidos desde hace tiempo.

Da la impresión que la idea central de Chamizo sobre la divulgación recae solamente en aquellos que se dedican a nuestra primera clasificación. Es ahí, donde no cabemos nosotros en su definición.

- José de la Herrán Villagómez. "En la divulgación de la ciencia, uno puede y debe transformar los conceptos abstractos mediante analogías, etcétera, en significados conocidos por un público no especializado para que éste asimile esos significados y también los haga suyos; no es lo mismo que un joven diga: "me enseñaron tal cosa", a que diga: "aprendí dicha cosa". Cuando se dice "aprendí" quiere decir que ha hecho suyo el conocimiento. Esto en las clases formales es de la máxima importancia, con todo y que allí ese o esa joven son presa cautiva del profesor. El caso del divulgador es distinto; no tiene esa ventaja sobre el maestro, ya que el público del divulgador, si no encuentra interesante la presentación, simplemente se sale de la sala, deja de leer el artículo o sencillamente cambia de canal".

El público objetivo de nuestro estudio era cautivo. Al parecer, por la idea que maneja de la Herrán, no hicimos un trabajo de divulgación, sino una simple sustitución del maestro de clases.

- Miguel Ángel Herrera Andrade. "La divulgación tiene numerosas ventajas sobre la educación formal: no es obligatoria, no se evalúa, no tiene horarios preestablecidos, programas específicos ni condiciones limitantes: se toma cuando, cuanto y donde se desee. Su misión no es educar: es cultivar, formar ciudadanos cultos. ¿Para qué? ¿Acaso la cultura sirve para algo?"

La divulgación de la ciencia puede desempeñar un papel definitivo, no sólo como complemento formativo de la educación formal, no sólo como generadora de cultura, sino, además, como motivadora, mostrando a niños, jóvenes y adultos las maravillas de las ciencias, su atractivo como profesión y las satisfacciones que proporcionará una vida dedicada a ellas”.

Nuestras charlas de divulgación eran obligatorias, se evaluaron (aunque claro está, no para proporcionarles una calificación) y tenían horarios preestablecidos. Los alumnos no las podían tomar cuando, cuanto y donde desearan. Nuestra misión sí era educar. Contradecimos totalmente la definición de Herrera en el primer párrafo. En la segunda parte deja abierta la posibilidad del complemento a la educación formal, pero al parecer, fuera de un ámbito educativo, no como lo hicimos nosotros.

Algunos divulgadores más, no presentan elementos claros en sus ideas sobre lo que es la divulgación, como para tener un juicio contundente de la inclusión de nuestras charlas en este quehacer. Por ejemplo:

- Ignacio Castro Pinal. “¿Cuál será el objetivo en sí de la difusión y de la divulgación? El primer caso se concentra en la transmisión de la información científica o técnica a través del sistema de educación formal. Utiliza el método científico como un proceso regulador del ordenamiento y la sistematización del aprendizaje mediante la experiencia, dando de esta forma mayor solidez a la organización de su conocimiento. En el mejor de los casos esto puede motivar una vocación científica o técnica a los receptores.

La divulgación se refiere a mantener informado al público en general del desarrollo de la ciencia y tecnología; y prepararlo para los cambios que pueden enriquecer o afectar su vida dependiendo del empleo de las mismas.

Para lograr esta meta, los que divulgan deben atravesar por un largo proceso de formación profesional que les permita transmitir sus

conocimientos anteponiendo una estructura controlada (disciplina de trabajo, mental y emocional).

Asimismo, deben apropiarse de la forma de expresar esta información para imprimirle una carga afectiva (pasión, motivación, confianza, goce) que les permita desarrollar la creatividad (originalidad, fantasía e imaginación) a través de todas las formas: oral, escrita, medios electrónicos, audiovisuales, gráficos y muchos otros. Destacan aquellos medios que llamaremos tridimensionales, donde se pueden experimentar y manipular algunos dispositivos como en las exposiciones de los museos de ciencia, en sus diversos talleres y laboratorios.

Se puede citar como ejemplo el exitoso programa "Domingos en la ciencia" que lleva más de tres lustros realizándose semana a semana en diversas plazas de divulgación en la República. Se han presentado conferencias de múltiples temas. El divulgador debe ser conocedor del tema a presentar y emplear todos los medios a su alcance, desde analogías y modelos hasta recursos teatrales y, por supuesto, debe propiciar la activa participación del público para mantener su interés, sin que por ello sea mermado el contenido científico o técnico de la información.

Nuestras charlas se asemejan totalmente a las descritas por Castro Pinal en el programa "Domingos en la ciencia", pero no podemos saber si este autor consideraría nuestro trabajo como divulgación, ya que el contexto en que nosotros las proporcionamos es totalmente distinto al que él describe.

- Luis Estrada Martínez. En el caso de que se busque presentar la ciencia al público general se emplea la palabra divulgación. Por lo tanto, las conferencias organizadas por las asociaciones científicas para dar a conocer los resultados de la investigación reciente o de la situación actual de un campo científico al público general, son actividades de divulgación de la ciencia.

Las cualidades indispensables de un buen divulgador son las siguientes: la primera es la claridad en el mensaje a divulgar y la fidelidad al conocimiento

que con el mensaje se transmite. Aunque se trata de una cualidad natural, su logro es difícil, especialmente en el caso de la divulgación del conocimiento más reciente. En la divulgación la forma tradicional de superar estas dificultades consiste en el empleo de analogías, metáforas y otros recursos semejantes, lo cual no está exento del riesgo de deformar el mensaje. La práctica ha mostrado que el buen uso de estas técnicas guarda una estrecha relación con el dominio que el divulgador tenga del tema que va a comunicar así como su sensibilidad para satisfacer los intereses de su auditorio. La divulgación de la ciencia no es la traducción del discurso científico, sino una versión de la ciencia, por lo que para hacerla hay que elaborar explicaciones adecuadas a los conocimientos e intereses del auditorio.

Una cualidad de la divulgación de la ciencia es dar lo necesario para que el público pueda integrar el conocimiento científico a la cultura.

La descripción que realiza Estrada sobre la divulgación cabe perfectamente en nuestro trabajo. Pero encontramos nuevamente el problema de que no hace mención del contexto -dentro o fuera de un ámbito educativo- en que se debería presentar.

- Sergio de Régules. Hay muchos motivos para divulgar la ciencia: informar al público sobre lo que es, y lo que hace la ciencia, una actividad que afecta a todos, hasta los que creen que no; despertar vocaciones para nutrir las filas de las profesiones científicas; formar conciencia para que el público pueda participar en la toma de decisiones; y apoyar a la educación formal.

Régules deja abierta la posibilidad del apoyo a la educación formal. Falta saber que podría entender él como "apoyo".

- Juan José Rivaud Morayta. La divulgación puede tener propósitos muy diversos como son el propiciar el descubrimiento de vocaciones científicas entre los jóvenes, despertar el interés por el conocimiento científico en distintos grupos para poner a su disposición una actividad más a disfrutar, o

tratar de crear una cultura científica entre la población en general con el objeto de que pueda opinar con mayor conocimiento de causa sobre diversos problemas típicos de nuestra época.

Para nuestros propósitos, es difícil, sino imposible, encontrar una propuesta que nos interese en las ideas de Rivaud.

- Guadalupe Zamarrón Garza. La palabra divulgación surge en la universidad, en la academia. Su significado primario denota hacer pública, difundir entre el común de las personas, poner a disposición de todos, del “vulgo”, alguna cosa, idea, información, expresión o sentimiento.

Cuando decimos ciencia, no sólo nos referimos al conocimiento sistematizado, sus leyes y métodos, sino también a los grupos de investigadores, centros de investigación, laboratorios, docentes y organismos de política científica. Entender y dar a conocer todo lo relacionado con el desarrollo científico es también materia de la divulgación. Entre los niños y los jóvenes la televisión, los juegos digitales y el internet tienen mucho éxito. Es una competencia desmedida por el tiempo que pasan ante sus pantallas y por el impacto que tienen en sus actitudes y concepciones de la vida, resultado de una recepción pasiva, sin análisis, crítica o reflexión alguna.

Si bien la escuela sigue siendo indispensable para la socialización del niño, se ha quedado rezagada en la manera de comunicar y educar. Al igual que la ciencia, la escuela está desfasada de la sociedad y requiere modificaciones de fondo, de sistemas educativos alternativos. Desde los años sesenta y setenta se han desarrollado propuestas de educación no formal, las cuales coinciden con varias características de la divulgación: toma en cuenta los intereses de las personas, no tiene objetivos dirigidos a la obtención de reconocimientos oficiales, no se programa por niveles escolares, los contenidos se presentan en contextos amplios, los comunicadores no son necesariamente los especialistas, se utiliza una gran variedad de medios, se realiza en lugares diversos y , por tanto, también

existe gran libertad por parte de los receptores para elegir aquello que les interese.

Como Zamarrón no se refiere directamente al ámbito escolar, no podemos encasillar con precisión si nuestro trabajo cae o no dentro de su definición.

Quienes sí proporcionan ideas sobre la aceptación de nuestras charlas dentro de la divulgación de la ciencia (aunque en ocasiones no muy claramente) son los siguientes:

- Javier Cruz Mena. Es tan añeja como válida la pregunta acerca de si el propósito de la comunicación de la ciencia es proporcionar algún tipo de educación no formal, actuando como complemento cultural de la enseñanza escolar institucional, o si es, más bien, informar al público no iniciado, sin ocuparse demasiado de si la información rebasará o no lo que el nivel educativo del público le permitirá asimilar.

Es necesario, tener claro que aun si el objetivo del periodismo científico no fuese educar, una de sus características esenciales tendría que ser, al menos, favorecer el entendimiento.

Cruz Mena no menciona explícitamente el término divulgación, pero dentro del contexto utilizado, el periodismo científico podría ser sinónimo.

- Paulino Sabugal Fernández. “La divulgación de la ciencia es un concepto subordinado a divulgación del conocimiento y éste, a su vez, se inscribe necesariamente en el terreno de la educación y de la cultura. No me interesa la divulgación de la ciencia en término de únicamente hacer conocidas las novedades o las espectacularidades de la actividad científica –que de facto tienen mas que ver- con la ciencia aplicada y el desarrollo tecnológico- sino en función del fomento a una auténtica cultura científica, es decir a la contribución que pueda hacerse a través de libros, planes de estudio de todos los niveles, programas de radio o televisión y notas periodísticas, para que las aportaciones de la ciencia, su método, su

manera de ver el mundo, contribuyan a la formación de individuos racionales, con espíritu crítico, inconformes con la realidad dada –deseosos de transformarla-, con espíritu analítico, pero también lúdico, curioso e insatisfecho”.

Nos parece que la postura de Sabugal sobre la divulgación es educativa. Así ahí donde cabe nuestra propuesta.

- Héctor Bourges Rodríguez. “Divulgar significa hacer del conocimiento público. Queda implícito un conocimiento que se divulga, estrategias y medios para hacerlo y un destinatario de dicho conocimiento.

Los medios colectivos (radio, televisión, prensa, redes cibernéticas) permiten una cobertura poblacional más alta, pero no verdadera comunicación, el interlocutor es “invisible” y “mudo”, un tanto indefinido, mientras que los medios presenciales (la conferencia, la charla, las mesas redondas, etc.) permiten una mejor participación y comunicación con la población objetivo. Responder a sus verdaderas inquietudes y valorar la efectividad del esfuerzo.

La divulgación de la ciencia puede contribuir a desarrollar el pensamiento racional y una actitud más objetiva en la población, que en el mundo y en México pasa por una lamentable etapa de florecimiento del pensamiento mágico, de superstición y de fanatismos extremos. También puede contribuir a mejorar sus condiciones de vida y su bienestar, por ejemplo, previniendo enfermedades, mejorando su salud o ahorrándole gastos innecesarios, y puede facilitar la colaboración social en la resolución de problemas colectivos como los ecológicos o los económicos. El conocimiento científico, en fin, da a la sociedad armas para protegerse de miedos irracionales y de la explotación y manipulación a la que está expuesta”.

Bourges marca un camino para que el aprovechamiento del conocimiento científico conlleve beneficios sobre la población. El conocimiento científico no se

adquiere solamente con despertar inquietudes o curiosidades. Su idea de divulgación tiene matices de enseñanza.

- Ana María Sánchez Mora. “Una clasificación de la divulgación a la Borges sería la siguiente: los que sólo la promueven; los que pertenecen al área científica; los que trabajan en un museo; los que escriben en revistas; los que enseñan a fabricar periscopios; los que la hacen en sus ratos libres; los que juegan a la escuelita.

La divulgación de la ciencia es una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento con fidelidad, contextualizándolo para hacerlo accesible.

Así, el divulgador debe mínimamente tener cultura científica; debe utilizar alguno de los medios de comunicación; y debe recrear el conocimiento.

La divulgación nace con la ciencia moderna para subsanar el distanciamiento que se crea respecto al resto de la cultura debido a la complejidad de los conceptos y al lenguaje especializado de la ciencia.

La divulgación de la ciencia es una recreación del conocimiento científico que va desde la mera contextualización de la información hasta una forma innovadora cercana al arte. Esta recreación hace de la divulgación un discurso autónomo que si bien se nutre de la ciencia, le puede llegar a aportar elementos creativos y originales.

La divulgación tiene muchos objetivos que se complementan: subvertir el poder, democratizar el conocimiento, reintegrar la ciencia a la cultura, compartir el placer de conocer, destacar la importancia de la ciencia, generar vocaciones, rellenar los huecos de la enseñanza formal, tener informado al público, mejorar la calidad de vida, combatir el fanatismo y la superchería y humanizar la ciencia.

La divulgación es una labor social y cultural indispensable con un claro tinte ético; en última instancia, apela a las preocupaciones y sentimientos de la gente para hacerla partícipe de dos valores fundamentales: el conocimiento

racional y el pensamiento crítico como formas de liberación de la humanidad”.

En nuestras charlas se recrea el conocimiento y se rellenan hasta ciertos puntos, los huecos que la enseñanza formal dejó en los alumnos. Nuestra propuesta, según A.M. Sánchez Mora, entraría dentro de los límites de la divulgación de la ciencia.

- Juan Tonda Mazón. “Si se trata de un diccionario, la definición de divulgación de la ciencia podría decir lo siguiente: disciplina que se encarga de llevar el conocimiento científico y técnico a un público no especializado, que va desde los niños hasta las personas de edad, de manera clara, amena y accesible. Dicha labor es sobre todo interdisciplinaria, aunque la realizan sobre todo los investigadores que se dedican a la física, la química, la biología, las matemáticas, la medicina y la ingeniería, los técnicos, los comunicadores, los periodistas, los escritores y recientemente los divulgadores de la ciencia.

Un rasgo importante de la divulgación de la ciencia es que cumple con una función educativa. Algunos divulgadores de la ciencia sostienen que la divulgación de la ciencia no necesariamente tiene que desempeñar un papel educativo. Puede tratarse de una disciplina que lleva a pasar un rato agradable, que procura divertir con la ciencia o bien, dar a conocer una alguna noticia científica; cumplir con educar, sostiene, es un proceso muy difícil y arduo que solo puede darse en el salón de clases. Yo sostengo lo contrario, que la divulgación de la ciencia desempeña una función educativa de gran relevancia.

La divulgación de la ciencia ofrece la posibilidad de contar con una educación informal, fuera del ámbito escolar. Esto se logra a través de los diferentes medios de comunicación. Estos pueden ser desde una charla informal con una persona hasta la transmisión de un programa de televisión que llega a 5 millones de personas, pasando por la lectura de una revista o un libro de divulgación.

Tonda cree que la divulgación de la ciencia, por sí misma, fuera de ámbitos académicos proporciona educación. Nuestra propuesta fue más allá: se implementó dentro de las aulas, por lo tanto el beneficio educativo se refuerza.

Mención aparte merece la discusión de un artículo publicado por las divulgadoras María del Carmen Sánchez Mora y Ana María Sánchez Mora, dentro de las memorias del Coloquio Interno sobre divulgación de la ciencia, de la Dirección General de divulgación de la Ciencia de la UNAM, dado en el año 2000. A continuación presentamos parte del artículo y posteriormente algunos comentarios.

“¿El objetivo de la divulgación es enseñar? ¿Aprende algo el receptor de la divulgación? ¿La divulgación es un complemento a la educación formal? ¿La divulgación es educación no formal? Éstas y otras cuestiones relacionadas se han discutido en numerosos foros y a lo largo de muchos años; han causado polémica, han polarizado a la comunidad de divulgadores y siguen sin respuesta. Pero, ¿se trata de un problema de comunicación? ¿Es sólo un asunto de apreciación, como algunos apuntan? Tal vez no existan respuestas claras y contundentes, pero podría ser de ayuda utilizar un punto de vista diferente para abordar el problema.

En 1976, en la *Internacional Conference of the World Crisis in Education in Virginia*, EUA, se hizo énfasis en la necesidad de desarrollar medios educativos diferentes a los medios escolares convencionales. A estos medios se les calificó indistintamente de informales y de no formales. Con ambos términos se hacía referencia a los procesos educativos no escolares, o situados al margen del sistema de la enseñanza reglamentada; pero pronto se hizo evidente que había que distinguir entre ambos calificativos para evitar confusiones. Ese mismo año, Coobs propone hacer la distinción entre la educación formal, informal y no formal.

La educación formal comprende “el sistema educativo, altamente institucionalizado, cronológicamente graduado y jerárquicamente estructurado, que empieza en el kinder y se extiende más allá de la universidad”.

La educación no formal es “toda actividad organizada, sistemática, realizada fuera del marco del sistema oficial, para facilitar determinadas clases de aprendizaje a subgrupos particulares de población, tanto de adultos como de niños”.

Y por educación informal se entiende “un proceso que dura toda la vida y en el que las personas adquieren y acumulan conocimientos, habilidades, actitudes y modos de discernimiento mediante las experiencias diarias y su relación con el medio ambiente”.

Estas definiciones coinciden en general con la de Woolfolk (1995), que dice que la educación es un proceso por el cual la sociedad transmite sus valores, creencias, conocimientos y sistemas simbólicos a todos sus miembros. En este sentido hay también una coincidencia con la divulgación en tanto que ésta transmite conocimientos que hacen posible la comunicación en relación con la ciencia; asimismo, la divulgación proporciona una forma de apreciar la ciencia, incorporando el conocimiento científico a la cultura. Y queda claro que la divulgación no es educación no formal.

Las fronteras entre la educación formal, la no formal y la divulgación no son precisas, como tampoco son los métodos ni las formas de evaluación; en particular, como la divulgación se ejerce a través de medios muy variados y con características muy diferentes, su método y su forma de evaluación estarán relacionados con el medio de que se trate.

De esta manera, por ejemplo, la divulgación escrita estará en la parte más alejada de la educación formal en el continuo de la educación, ya que no es posible evaluar la recepción del mensaje de los libros y artículos de divulgación. Por otro lado, si bien existen criterios para elaborar textos claros y amenos, no puede hablarse de una jerarquía para la selección de

temas. En cambio, otros medios de divulgación como los audiovisuales, las conferencias y los cursos, comparten más su método y forma de ser evaluados con la educación no formal y, por ejemplo, los cursos pueden llegar a ser evaluados y diseñados de manera más parecida a los procedimientos que se llevan a cabo en la educación formal.

La divulgación puede ser un complemento a la educación formal; esto dependerá en el ámbito en que se divulgue (un museo, talleres), del objetivo del acto de divulgación particular (fomentar vocaciones, aportar información, causar entusiasmo) y de la coincidencia, fortuita o no, entre los temas que se divulguen y los planes de estudio.

A.M. Sánchez y M.C. Sánchez definen claramente los alcances y restricciones de la educación formal, la no formal, la informal y la divulgación. Debido a que nosotros no nos hemos aventurado en afirmar que por sí sola la divulgación de la ciencia proporciona conocimiento, nuestra propuesta estaría incluida, dentro de estas definiciones, en el ámbito de la divulgación. El alcance de nuestra propuesta se limita a complementar a la educación formal, más no a sustituirla. Si hemos de bautizar de alguna forma a la mancuerna que hemos creado el profesor de física y el autor de esta tesis, sobre el tipo de "clases" que propusimos a los alumnos de la secundaria, estaría más cerca de llamarse educación formal que cualquier otro nombre. Pero no debemos confundirnos con el análisis de definiciones hecho anteriormente al texto de A.M. Sánchez y M.C. Sánchez. La mayoría de los divulgadores que descalificarían nuestro trabajo como divulgación, lo hacen, principalmente, por el contexto en que presentamos las charlas. Simplemente, dirían, cambiando el espacio de las charlas, un auditorio con libre entrada y salida por un salón de clases, sin importar que en ambos casos el contenido y la estructuración de la charla sean exactamente la misma, harían la diferencia para que sea o no divulgación de la ciencia. Con la flexibilidad que el término divulgación de la ciencia permite, nosotros quisiéramos indicar que ciertas actividades de divulgación también deberían serlo, más por el contenido, la recreación, el lenguaje oral, el lenguaje visual, que por el espacio y las

condiciones externas. Hemos llamado por esto, divulgación de la ciencia a nuestro trabajo.

## Capítulo 4

### Evaluaciones

Como ya hemos mencionado, este trabajo consiste en lo siguiente: a 2 grupos de tercer grado de la Escuela Secundaria Diurna No. 33 "Vicente Guerrero", turno Vespertino, de la Ciudad de México, se les aplicó en tres diferentes ocasiones los cuestionarios a resolver. Queremos cuantificar con esto, el nivel de conocimiento en los temas Presión Atmosférica y Ondas. La primera ocasión que contestaron el cuestionario lo hicieron sin haber visto el tema en clase ni haber escuchado ninguna charla de divulgación. El segundo cuestionario fue resuelto exactamente una semana después de haber visto el tema con el profesor pero sin escuchar charla alguna y el tercer cuestionario, una semana después de complementar la clase con la charla de divulgación, que se realizó, también, una semana después de finalizado el tema en clase.

A dos grupos de segundo grado se les realizó la evaluación con el tema "Tercera Ley de Newton" con la misma metodología que a los de tercero.

Algunos puntos sobre la elaboración de los cuestionarios

- Con las preguntas de cada cuestionario deberíamos darnos idea si el tema fue comprendido por el alumno, desde luego, pero debíamos cuidar de no preguntar explícitamente lo manejado en los discursos de las charlas que no estuvieran incluidos en el programa de estudio del profesor. Dicho de otra manera, las preguntas debían ser imparciales tanto con la charla como con el temario.
- Teníamos que manejar un cuestionario que abarcara completamente el tema, es decir, debía ser representativo.

- El número de preguntas debía ser considerable para estudios de este tipo, pero sin ser demasiadas por cuestiones de tiempo. En total fueron 9 o 10 preguntas por tema.
- La aplicación de los cuestionarios fue pregunta por pregunta, de manera separadas. No se les proporcionó en ningún caso todas las preguntas juntas, ya que algunas de ellas podrían proporcionar ideas de respuestas anteriores.
- Algunas preguntas de los cuestionarios que no son de opción múltiple, no presentan un resultado totalmente correcto o totalmente incorrecto. En algunos casos para fines de la evaluación se tomaron en cuenta "medios puntos".

#### Algunos puntos sobre los inconvenientes presentados

- Debe quedar claro que en total se aplicaron, aproximadamente, 315 cuestionarios, calificándose casi 2900 preguntas, realizado todo lo anterior por una sola persona. Ese es el mayor inconveniente de no haber hecho un estudio más amplio.
- Además del tiempo empleado para la resolución de los cuestionarios, que se hacía dentro del horario de clases de física, debíamos tener tiempo para la presentación de las charlas. En total, el profesor de la materia, nos cedió entre 6 y 7 horas por grupo de tercer grado y entre 3 y 4 horas para los grupos de segundo grado. Si el tiempo empleado para este estudio hubiera sido extraescolar (algo mucho más difícil, claro está) hubieran sido más holgadas las presentaciones de las charlas y las aplicaciones de los cuestionarios.
- Ciertos vicios que los alumnos tienen, como copiarse las respuestas aunque haya quedado claro que los resultados no influirían en su calificación escolar, se minimizaron pero no se pudieron erradicar completamente.

## Resultados

A continuación mostramos los cuestionarios e indicamos las tablas de resultados y las gráficas correspondientes. Éstas muestran la cantidad de respuestas correctas por grupo para cada pregunta de un tema dado. Decidimos no juntar en una sola gráfica todas las respuestas del mismo tema para los dos grupos, ya que el análisis de los resultados será más amplio si analizamos grupo por grupo. La idea inicial que teníamos al comenzar este estudio, era la comparación entre los niveles de conocimiento (respuestas correctas) de un grupo al que se le haya complementado su clase de física con las charlas de divulgación con otro al que solamente tuvo clases con el profesor. Declinamos esta primera propuesta inicial para comparar a cada grupo consigo mismo, de tal manera, que la muestra se ampliaría.

La línea celeste de cada una de las gráficas, indica las respuestas correctas después de aplicarse la charla, la morada, después de la clase del profesor y la rosa, antes de la clase del profesor.

### **Grupos de tercer grado. Cuestionario de Presión Atmosférica**

- 1.- ¿El aire pesa?
- 2.- El peso de los cuerpos se deba a:
  - a) Su tamaño
  - b) La atracción gravitacional de la Tierra
  - c) Que se encuentran sobre la superficie del planeta
  - d) Que se hallan rodeados de aire
- 3.- La Presión Atmosférica es producida por:
  - a) La velocidad del viento
  - b) La atracción de la gravedad terrestre sobre nuestros cuerpos
  - c) El peso del aire

d) La temperatura del aire

4.- La Presión Atmosférica es menor:

- a) En Acapulco
- b) En la Ciudad de México
- c) En la cima del Ajusco
- d) En la cima del Everest

5.- La presión Atmosférica se ejerce:

- a) Solamente de arriba para abajo
- b) Solamente de arriba para abajo y de abajo para arriba
- c) En todas direcciones
- d) No se ejerce en ninguna dirección

6.- Proporciona una idea de la magnitud de la Presión Atmosférica.

7.- ¿Por qué no nos aplasta a nosotros la Presión Atmosférica?

8.- ¿Son lo mismo la fuerza y la presión?

9.- El vacío:

- a) "Provoca" que los cuerpos se colapsen
- b) No puede provocar nada, pues es la ausencia de cualquier cosa
- c) Siempre "quiere" ser llenado por algo
- d) No existe

10.- En ausencia de Presión Atmosférica, nuestro cuerpo:

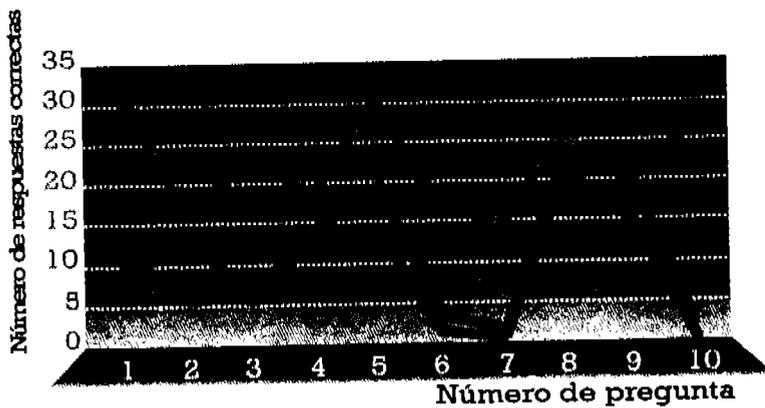
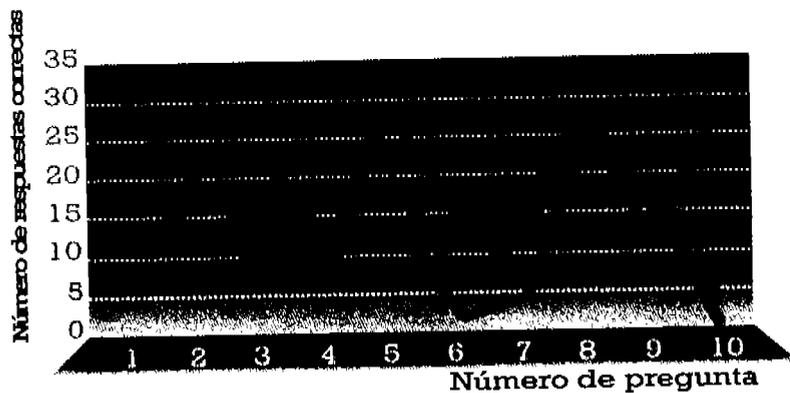
- a) Flotaría
- b) Aumenta de presión
- c) Antes que nada, nos haría falta aire para respirar
- d) Explotaríamos

### Tablas de resultados para los grupos de tercero. Presión Atmosférica

Grupo 3 ero A Número de pregunta	Respuestas correctas	Respuestas correctas	Respuestas correctas
	Antes de la clase	Después de la clase	Después de la charla
1	13	19	30
2	14	14	20
3	9	16	24
4	10	14	11
5	14	20	29
6	1	6	15
7	4	12	15
8	28	28	28
9	15	17	10
10	0	4	28

Grupo 3 ero B Número de pregunta	Respuestas correctas	Respuestas correctas	Respuestas correctas
	Antes de la clase	Después de la clase	Después de la charla
1	8	9	31
2	13	5	17
3	5	6	23
4	13	14	19
5	14	19	30
6	1	3	17
7	0	1	15
8	21	23	26
9	15	20	20
10	0	2	27

Gráficas 1 y 2 de Presión Atmosférica. Grupo muestra de 34 para el primer caso y 32 para el segundo.



## **Grupos de tercer grado. Cuestionario de Ondas**

1.- Las ondas transportan:

- a) Materia
- b) Energía
- c) Ambas cosas a la vez
- d) En ocasiones solamente materia y en ocasiones solamente energía

2.- ¿Cuántos tipos de ondas existen?

- a) Uno
- b) Dos
- c) Tres
- d) Cuatro o más

3.- Las ondas transversales producen movimiento en el medio por donde viajan:

- a) Perpendicularmente (es decir, si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve de arriba para abajo)
- b) Paralelamente (es decir, si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve también de derecha a izquierda)
- c) Inclinado (es decir, si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve inclinado)
- d) Circularmente (es decir si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve como espira)

4.- Las ondas longitudinales producen movimiento en el medio por donde viajan:

- e) Perpendicularmente (es decir, si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve de arriba para abajo)
- f) Paralelamente (es decir, si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve también de derecha a izquierda)
- g) Inclinado (es decir, si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve inclinado)
- h) Circularmente (es decir si la onda se desplaza de derecha a izquierda, el medio se mueve como espira)

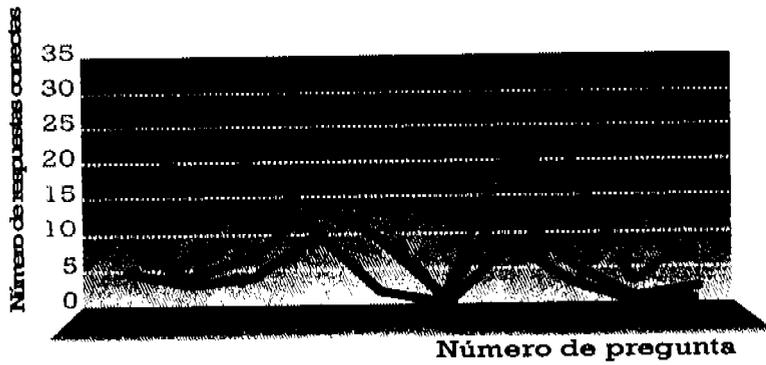
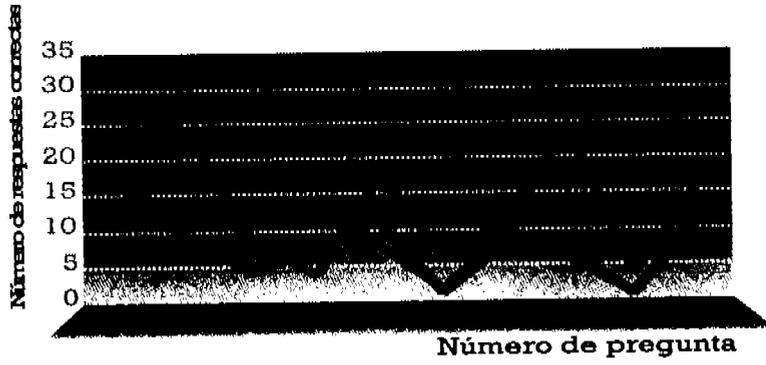
- 5.- Proporciona tres ejemplos de ondas
- 6.- De los ejemplos anteriores, ¿cuáles son ondas longitudinales y cuáles son transversales?
- 7.- Si una onda viaja por un medio y este se termina (estando el extremo fijo):
- a) La onda se deshace
  - b) Toda la onda rebota
  - c) La onda se transmite íntegra al medio siguiente
  - d) Parte de la onda rebota y parte se transmite
- 8.- Cuando dos ondas de diferente tamaño chocan de frente:
- a) La mayor “se come” a la menor
  - b) Rebotan y regresan por donde llegaron
  - c) La pequeña le resta energía a la grande y disminuye su tamaño
  - d) Se atraviesan como si no existiera la que viene de frente
- 9.- ¿Existe alguna manera en que las ondas anulen el movimiento del medio por donde viajan?
- 10.- ¿Qué relaciones con el término “resonancia”?

**Tabla de resultados para los grupos de tercer grado. Ondas**

Grupo 3 ero A	Respuestas correctas Antes de la clase	Respuestas correctas Después de la clase	Respuestas correctas Después de la charla
Número de pregunta			
1	16	18	27
2	8	8	25
3	3	4	9
4	6	8	4
5	10	8	18
6	0	1	7
7	7	9	11
8	5	7	25
9	0	0	4
10	9	12	15

Grupo 3 ero B	Respuestas correctas Antes de la clase	Respuestas correctas Después de la clase	Respuestas correctas Después de la charla
Número de pregunta			
1	5	9	26
2	3	4	17
3	4	7	20
4	11	14	18
5	2	10	18
6	0	0	0
7	8	19	20
8	3	5	22
9	0	1	3
10	0	2	10

**Gráficas 1 y 2 de Ondas. Grupo muestra de 34 para el primer caso y 29 para el segundo**



## Grupos de segundo grado. Cuestionario de Tercera ley de Newton

1.- Beatriz se encuentra de pie en su cuarto, entonces:

- a) El piso no ejerce fuerza sobre Beatriz
- b) Beatriz es lo único que ejerce fuerza sobre el piso (debido a su peso) hacia abajo
- c) Ambos (Beatriz y el piso) se ejercen fuerzas en direcciones contrarias
- d) Ninguno de los dos ejerce fuerza alguna

2.- El pie de un futbolista golpea un balón, entonces:

- a) El balón no ejerce fuerza alguna sobre el pie
- b) El balón si ejerce fuerza, pero de menor magnitud que la que ejerce el pie sobre él
- c) El balón y el pie se golpean con la misma fuerza
- d) El balón ejerce más fuerza contra el pie, pero no se nota

3.- Dos personas chocan frente contra frente (es un accidente). La primera se encuentra quieta y la segunda corriendo, entonces:

- a) La que se encuentra en reposo recibe el golpe más fuerte
- b) Ambas sienten con la misma fuerza el golpe
- c) La persona con menor peso siente el golpe más fuerte
- d) La que se encuentra en movimiento recibe el golpe más fuerte

4.- Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, por ejemplo un martillo golpeando un clavo, sabemos que:

- a) El clavo ejerce una fuerza con la mitad de la magnitud hacia el martillo
- b) El clavo no ejerce fuerza alguna sobre el martillo
- c) El clavo ejerce más fuerza que la que ejercen sobre él
- d) El clavo "se desquita" y ejerce la misma fuerza contra el martillo, nada más que en dirección contraria

5.- ¿Quién empuja a un cohete para que se mueva hacia arriba?

6.- ¿Quién nos avienta hacia arriba cuando brincamos; es decir, si nuestras piernas empujan hacia abajo, por qué subimos?

7.- Sabemos que a toda acción corresponde una reacción con la misma magnitud pero de sentido contrario. Si caminamos hacia adelante (acción), ¿cuál es la reacción?

8.- Amelia empuja una mesa para cambiarla de lugar, entonces:

- a) Los pies de Amelia empujan al piso en dirección contraria en la que se mueve la mesa
- b) Los pies de Amelia empujan al piso en la misma dirección en la que se mueve la mesa
- c) La mesa no empuja a Amelia cuando ella la arrastra
- d) La fuerza con que Amelia arrastra la mesa es mayor que la fuerza que ejerce la mesa sobre Amelia

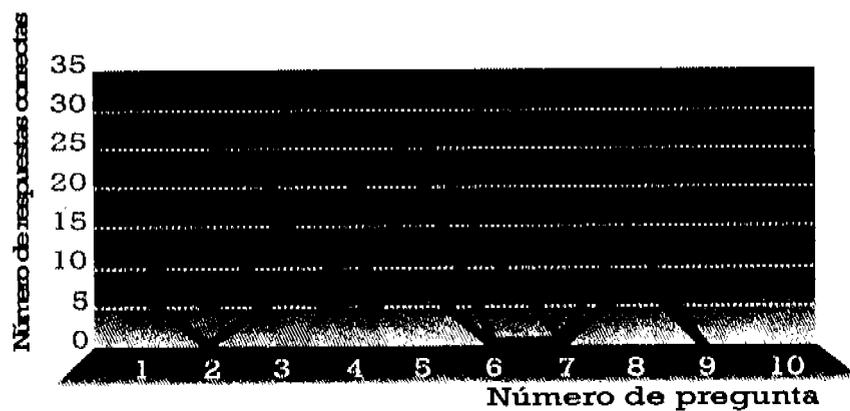
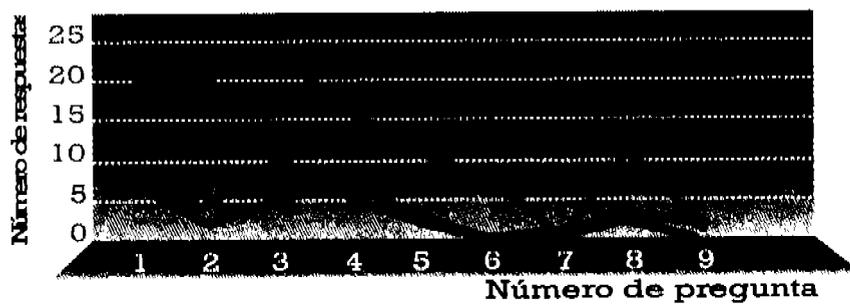
9.- Menciona y explica brevemente una vivencia cotidiana donde se muestre la Tercera Ley de Newton.

**Tablas de resultados para los grupos de segundo grado. Tercera Ley de Newton**

Grupo 2do A Número de pregunta	Respuestas correctas Antes de la clase	Respuestas correctas Después de la clase	Respuestas correctas Después de la charla
1	7	8	20
2	2	4	20
3	5	10	24
4	7	5	15
5	3	2	10
6	0	0	8
7	0	1	0
8	2	3	11
9	0	2	1

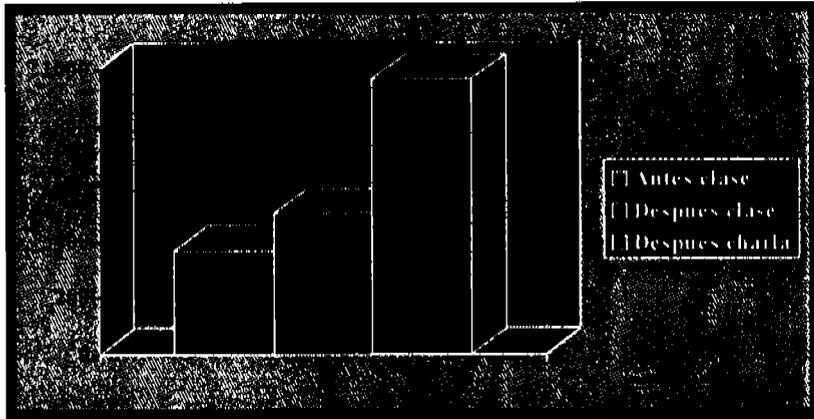
Grupo 2do B Número de pregunta	Respuestas correctas Antes de la clase	Respuestas correctas Después de la clase	Respuestas correctas Después de la charla
1	7	11	26
2	0	4	26
3	7	15	19
4	4	7	19
5	8	19	27
6	0	0	11
7	0	0	0
8	15	8	7
9	0	0	7

**Gráficas 1 y 2 de Tercera Ley de Newton.**



## Gráfica de aciertos totales

En la siguiente gráfica, se muestra el resultado total de aciertos obtenidos por los tres grupos para cada caso del estudio. La primera barra indica el total de aciertos antes de ver el tema en clase, la segunda después de ver el tema con el profesor y la tercera después de la charla complementaria.



## Capítulo 5

### Análisis de resultados

Es necesario indicar que difícilmente podríamos encontrar en el total de aciertos finales (después de la charla complementaria) un número menor de respuestas correctas que en el caso del segundo cuestionario. El conocimiento que adquirieron los alumnos con el profesor tendría que ser acumulativo con el de las charlas de divulgación; en muy pocas ocasiones podríamos ver un efecto negativo, aunque sí sucedió.

Cabe la posibilidad de apelar este estudio, argumentando que otro tipo de complemento a la clase del profesor, incluyendo más horas vistas de ese tema por el mismo docente, también implicaría una cantidad mayor de aciertos en el tercer cuestionario. Donde radica la importancia de la divulgación como complemento a la educación en este estudio es en el tiempo empleado. Los tres temas que trabajamos son marcados en el plan de estudios para ser visto en 18 o 20 horas de clase aproximadamente. Nosotros ocupamos solamente 3 horas más (1 hora por cada tema) para ampliar la cantidad de respuestas correctas en casi un 96% (de 493 a 962 aciertos). ¿Es posible que con 1 hora más de clase o con cualquier otro método complementario se pudiera lograr lo anterior? No sabemos la respuesta con certeza, pero aquí indicamos que con las charlas que proponemos sí se consiguió.

### Presión Atmosférica

Es notable el cambio que tenemos en las respuestas de los cuestionarios No. 3 con respecto a los No. 2, en la pregunta 1 (¿El aire pesa?) para ambos grupos. La noción intuitiva que poseen los alumnos respecto a lo anterior, en su gran mayoría (casi un 70%), es negativa. Esto pudiera deberse a que no sentimos

el peso del aire aunque claramente sabemos que estamos rodeados de él. También el carácter de fluido en el aire, provoca una idea respecto a la existencia de su peso que difiere al de los cuerpos sólidos. Se cambió la concepción de la mayoría de los alumnos haciendo énfasis en los experimentos de la lata de refresco y del chuponcito. Es obvio que observamos resultados favorables como la tesis propone.

No es tan significativo el cambio presentado en la pregunta 2 (El peso del aire se debe a:) con respecto a la primera. En promedio, existió un aumento de respuestas correctas del tercer cuestionario con respecto al segundo del 11 % solamente (sumando las respuestas de ambos grupos) que comparado con poco más del 100% de la primera pregunta es muy bajo. La mayoría de las respuestas por conocimientos previos, indicaban que el tamaño del cuerpo era la causa principal del peso. Parece que no existió un cambio tan significativo en el tercer cuestionario, ya que no se hizo ningún experimento donde se mostrará lo anterior. Una mayor utilización de recursos visuales hubiera presentado un resultado mucho mejor, como por ejemplo, llevar cuerpos de diferentes densidades: grandes esferas de unicel o pequeños cuerpos metálicos que pesaran más que los primeros.

En la pregunta 3 (La presión atmosférica es producida por:) existe un ligero repunte de las respuestas correctas con respecto a la pregunta anterior. El concepto de peso de un cuerpo, en particular del aire, es fácilmente relacionado con el causante de casi todos los experimentos mostrados en este tema, aunque la idea correcta sería presión. En las gráficas correspondientes se observa incremento de cerca del 130% en las respuestas acertadas del tercer cuestionario con respecto al segundo.

La pregunta 4 (La presión atmosférica es menor en:) merece un análisis detallado. En el primer grupo tuvimos un número de respuestas correctas menor para el tercer cuestionario que para el segundo. Las respuestas que los alumnos

dieron caían principalmente dentro de los incisos a) y d), donde se encuentran los lugares extremos que proponemos para los valores menores de la presión atmosférica. La mayor cantidad de respuestas correctas dentro de esta pregunta eran para el inciso a), donde la presión atmosférica es mayor y no menor. Nos parece que existió una confusión en la interpretación de la pregunta. Los alumnos sabían de antemano que las respuestas deberían caer dentro de uno de esos dos incisos y nos parece que el tiempo para resolver correctamente esta pregunta ayudaría, para comprender mejor la idea, si hubiera sido un poco mayor. El número de respuestas correctas que nos indican las gráficas de ambos grupos para el segundo cuestionario caen dentro del 50% de aciertos, el otro 50% fueron en la mayoría respuestas para el inciso donde la presión es mayor. Cabe notar que, aunque el tercer cuestionario del primer grupo posee menos respuestas correctas que el segundo, existió un proceso de cambio dentro del estudiante, que aunque consistió en una menor cantidad de respuestas correctas, muchos autores lo consideran positivo. En este tipo de estudios lo que se considera negativo es que los estudiantes no realicen ningún cambio, se considera como un avance el hecho de que cuestionen sus respuestas (ideas) anteriores.

Las respuestas a la pregunta 5 (La presión atmosférica se ejerce:) son ideales con esta tesis ya que existió un aumento considerable en las respuestas correctas de la tercera gráfica con respecto a la segunda de casi un 50%. Aquí es notoria la nueva idea que se tiene con respecto a la presión y que difiere con la de peso (fuerza): el peso solamente se ejerce de arriba para abajo, pero la presión no. Quedo clara esta nueva idea con varios experimentos mostrados, como el del chuponcito.

La pregunta 6 marca una tendencia favorable en las respuestas correctas de la tercera gráfica con respecto a la segunda, donde nuevamente podemos corroborar la tesis. Aunque en este caso disminuyeron la cantidad de respuestas correctas en cada caso, nos parece, por la dificultad del planteamiento de la pregunta (Proporciona una idea de la magnitud de la Presión Atmosférica). En

este caso no fue de opción múltiple como todas las respuestas anteriores y los alumnos debieron proporcionar con un ejemplo una respuesta apropiada. Lo más apropiado que esperábamos que dijeran, es que la presión atmosférica es suficientemente grande como para aplastar una lata suave de refresco pero no es tan grande como para aplastar una de dura, como la de "jumex". La idea anterior no es muy precisa, pero por lo menos acota. Aún así, el porcentaje de respuestas correctas del segundo cuestionario con respecto al primero es de los más grandes en este estudio, esto es, 240%.

En la pregunta 7 (¿Por qué no nos aplasta a nosotros la presión atmosférica?), las respuestas del tercer cuestionario para el primer grupo son ligeramente mayores al segundo cuestionario (solamente 3 aciertos más). Para el segundo grupo, sí existió un cambio mucha más notorio, de 2 respuestas correctas en el cuestionario 2, a 15 en el 3. Como se puede ver, la pregunta 7 no es de opción múltiple como en casos anterior. No sabemos con certeza el por qué de la diferencia tan notable del número de respuestas correctas de un grupo con respecto al otro. Suponemos varias posibles causas. Si observamos solamente las segundas gráficas de ambos grupos, vemos que para el primer grupo existen 12 aciertos mientras que en el segundo solamente 2. Como en este caso no tienen nada que ver las charlas expuestas, creemos que las clases que impartió el profesor en ambos grupos fueron diferentes. Esto suele ser muy común por varias razones, una muy importante, es la participación de los alumnos. Una clase suele variar por la retroalimentación que los alumnos proporcionen con sus comentarios o preguntas. Ahora, si observamos los aciertos al cuestionario 3 para ambos grupos, coinciden en número (en porcentaje difieren muy poco). Fue extraordinariamente significativo el número de aciertos del cuestionario 3 con respecto al 2 del segundo grupo (700%), aunque en el primer grupo fue solamente de menos del 40%. ¿Cuál será la causa de que en el primer grupo no aumentara tan considerablemente las respuestas del tercer cuestionario con respecto a las del segundo? No lo sabemos con certeza, pero una omisión en el discurso de la

charla de divulgación presentado a ese grupo pudo ser la causa, que pudo ser el no indicar la existencia de una presión interna en nuestros cuerpos.

Casi todas las respuestas de los tres cuestionarios en la pregunta 8 (¿son lo mismo fuerza y presión?), coinciden. No es difícil deducir por qué. Aunque los alumnos no tengan una diferencia clara sobre los conceptos de fuerza y presión, era obvio, por ser dos palabras diferentes, deducir la respuesta. Esta pregunta nos hubiera proporcionado mayor información si hubiera estado planteada con una idea de la siguiente manera: una pelota de ping pong y un balón de básquetbol se encuentran a nivel del mar ¿Quién resiente mayor presión y quién resiente mayor fuerza debido a la Presión Atmosférica? Concluimos que la pregunta que hicimos no fue la más apropiada.

Las respuestas de la pregunta 9 (El vacío:) nos proporciona mucha información con respecto a cierto riesgo en este tipo de charlas de divulgación, es decir, donde la clase se complementa con fenómenos visuales. La imagen que les vino a la mente a los estudiantes con esta pregunta es la del experimento de la "lluvia" dentro de la lata suave de refresco. Supimos de esto ya que posteriormente se les preguntó a los estudiantes debido a lo interesante de los resultados de la gráfica 3. El discurso que se utilizó durante la presentación de la charla de divulgación no superó lo observado y la idea que permaneció después del experimento fue simplemente el colapso de la lata, que a su vez refuerza la idea de que el vacío "chupa" o absorbe. El inciso a) (El vacío provoca que los cuerpos se colapsen), tuvo una mayor cantidad de respuestas para el tercer cuestionario que el inciso b) que era el correcto. Debemos complementar perfectamente el discurso con los experimentos, de lo contrario, corremos riesgos como el anterior.

La última pregunta (En ausencia de presión atmosférica nuestro cuerpo:) se salió un poco de la "imparcialidad" que deberían tener las preguntas de nuestro estudio. Hacemos referencia directa en esta pregunta con el discurso manejado en

la charla. Fue por esto que hubieron tantas respuestas correctas en el cuestionario 3 (casi un 93%). Lo sorprendente son la cantidad tan baja de respuestas correctas en las gráficas 1 y 2. La idea previa sobre lo imaginado al realizar la pregunta no permite en los alumnos algo tan “extraño” como el que los cuerpos poseen una presión interna que “empuja” hacia fuera.

## Ondas

En términos generales, para el tema de Ondas se muestra una cantidad de respuestas incorrectas mayor en cada una de las tres gráficas y para cada grupo, con respecto del tema Presión Atmosférica. El tema, a nuestro parecer, se enseña con mayores carencias en el salón de clases.

Para la pregunta 1 (Las ondas transportan:) tenemos un número mayor de aciertos en la gráfica 3 con respecto a la 2 de casi un 100%. Este incremento es mucho más significativo en el segundo grupo que en el primero. Para este segundo grupo, los aciertos del segundo cuestionario caen dentro del 25%, esto es, fueron respuestas al azar ya que las opciones para contestar eran 4. También es considerable el porcentaje de aciertos para cada grupo de los cuestionarios No. 2, que para el primer grupo es de poco más del 50% y para el segundo, como ya se mencionó es del 25%. Nuevamente nos encontramos con un caso donde probablemente las clases con el profesor fueron impartidas de manera diferente. Aquí encontramos un resultado favorable con la tesis.

En la pregunta 2 (¿Cuántos tipos de ondas existen?), se tiene una cantidad de aciertos mayor al 350% en las sumas de las gráficas No. 3 con respecto a la suma de las gráficas No. 2; un valor muy alto. Las gráficas 1 y 2, nuevamente para ambos grupos, muestran un número de respuestas correctas similar a lo que hubieran respondido al azar, es decir, aproximadamente un 25% de aciertos solamente. Una vez observado los simuladores de ondas en las charlas, es difícil

contestar incorrectamente. Aquí encontramos nuevamente un extraordinario incremento de aciertos que confirman la tesis.

La pregunta 3 (Las ondas transversales producen movimiento por el medio por donde viajan:) no nos indica un considerable aumento de aciertos en la gráfica 3 con respecto a la 2. Parte de esta caída en la gráfica 3, creemos, es la manera en que está formulada la pregunta. Esta es muy larga y podría causar cierta confusión o desánimo para leerla con detenimiento.

En la pregunta 4 (Las ondas longitudinales producen movimiento por el medio por donde viajan:) se reducen considerablemente las respuestas acertadas, más que en la pregunta anterior, tanto que para el primer grupo, los aciertos del tercer cuestionario son menores que para el segundo. Para el segundo grupo, son iguales. Parte del problema es la redacción de la pregunta nuevamente, como el caso de la pregunta 3. Aunque no debemos descartar que las ondas longitudinales, por poseer un movimiento más extraño que las transversales, no fueran comprendidas cabalmente. Si obtenemos un promedio del total de aciertos para los dos grupos y para las tres gráficas nos damos cuenta que estamos cerca del 25 % del total de preguntas. Es muy probable que las respuestas fueran contestadas al azar para esta pregunta.

La pregunta 5 (Menciona tres ejemplos de ondas) muestra una "mejora" en la gráfica 3 para ambos grupos. Los aciertos en la gráfica 3 se encuentran cerca del 50 % del total de las preguntas, con un aumento de cerca del 30% con respecto a la gráfica 2. Por el tipo de pregunta que se formulaba que no era de opción múltiple, se debieron tomar en cuenta "medios puntos" o "tercios de punto". Muchas respuestas para la gráfica 3 repetían respuestas y no necesariamente estaban incorrectas, por ejemplo, se mencionaban ejemplos como "las olas del mar" y "las olas de una fuente", que para fines de este estudio eran iguales y solamente se debía tomar una como correcta.

Las respuestas de la pregunta 6 (¿De los ejemplos anteriores, cuales son longitudinales y cuáles transversales?) tienen que ver directamente con la pregunta 5. Si no se proporcionaron correctamente los ejemplos de ondas en la 5, no se podían tener un mayor número de respuestas correctas en la 6. Para el caso de la gráfica 3 del primer grupo, se tiene que solamente en un 40% de los ejemplos descritos por los alumnos catalogaron bien el tipo de onda que se trata. El caso de la gráfica 3 del segundo grupo fue más drástico: no existió ninguna respuesta correcta, al igual que las gráficas 1 y 2. En muchos casos de las preguntas de la gráfica 3 se respondían cosas del tipo “es una onda longitudinal y transversal a la vez”, algo que no podíamos tomar como correcto. Pero a pesar de lo anterior, que no existiera ni siquiera una respuesta correcta en este último caso, si el número de aciertos de la pregunta 5 fueron 13, quizás obligue a pensar que este tema no fue expuesto apropiadamente por el profesor ni en la charla.

En la pregunta 7 (si una onda viaja por un medio y este se termina:), la mayoría de las respuestas correctas de la gráfica 3 para el primer grupo cayeron en el inciso b) (rebotan y regresan por donde llegaron) a pesar de que esta respuesta no fuera la correcta. Existió aquí algo similar al “problema” de la lata del tema anterior (pregunta 9, Presión Atmosférica). Lo observado por los alumnos en nuestras ondas manuales dominó al discurso, ya que no se observa onda alguna que se transmita por la mano de quien esté sosteniendo las varillas, a pesar de que sí exista y que se amortigüe rápidamente. Cabe mencionar que las respuestas de la gráfica 2 y la 3 son idénticas. Para el segundo grupo la diferencia de las respuestas entre la gráfica 3 y la 2 sí es diferente, la primera tiene un 25% mayor de aciertos. Aquí se ve claramente el reforzamiento que la divulgación realiza a la educación formal. Veamos con detenimiento. La gráfica 2 del primer grupo tiene un número de aciertos poco mayor al 25%, podemos decir que las respuestas fueron azarosas. En el segundo grupo las respuestas de la gráfica 2 están cerca del 50%, las respuestas claramente no son azarosas y el reforzamiento se observó en la gráfica 3 de este último grupo donde los aciertos se encuentran cerca del 70%, se refuerza la idea de la tesis.

La pregunta 8 (Cuando dos ondas de diferente tamaño chocan de frente:) muestra una tendencia similar en ambos grupos, donde se observa un claro repunte. El efecto que se pregunta aquí se aprecia claramente en las ondas manuales. Lo interesante es hacer notar que la mayoría de las respuestas en las gráficas 1 y 2 caían en la respuesta "rebotan", ya que la idea que tenemos de dos cuerpos que se encuentran de frente es que sí puede suceder lo anterior. Pero las ondas no son cuerpos que se mueven en la dirección de su desplazamiento, es decir, no transportan material. En esta pregunta confirmamos la propuesta de la tesis.

La pregunta 9 resultó muy difícil porque, entre otras cosas, no es de opción múltiple (¿Existe alguna manera en que las ondas anulen el movimiento del medio por donde viajan?). Las Placas de Chlandi muestran un caso particular de lo que queríamos que se respondiera. Pero muy pocos alumnos se dieron cuenta de esto. Solamente se obtuvieron alrededor del 10% de aciertos en la gráfica 3 para ambos grupos. Aunque cabe mencionar que con respecto a la gráfica 2, sí tenemos un aumento altamente considerable, que es el objetivo de la tesis.

La pregunta 10 (¿Qué relaciones con el término resonancia?) muestra un repunte en las tres gráficas para el primer grupo. Muy probablemente, existía una noción previa en el grupo desde antes que se viera el tema en clase, quizás de algún curso anterior, de un video o de algo similar. Los aciertos del tercer cuestionario llegaron cerca del 50%, lo que consideramos muy alto para una pregunta que no fue de opción múltiple y que además no es muy simple la respuesta. Para el segundo grupo el repunte no es tan marcado ya que solamente se tuvieron 9 aciertos. En la gráfica 1 para este mismo grupo no hay ningún acierto y en el 2, solamente 3. Este grupo desconocía el concepto resonancia, de manera distinta que el primero.

### **Tercera Ley de Newton**

La pregunta 1 (Beatriz se encuentra de pie en su cuarto, entonces:) muestra una tendencia similar en ambos grupos. El incremento de aciertos para la gráfica 3 con respecto a la segunda fue de aproximadamente 160%, muy alto. Si consideramos solamente los aciertos de la gráfica 2 (nuevamente para ambos grupos) nos daremos cuenta que se encuentran cerca del 25 % (la cuarta parte de respuestas correctas) que son las que tendrían si hubieran contestado al azar. Esta pregunta refuerza la hipótesis de la tesis respecto a la mayor comprensión de la física después de la plática de divulgación.

La pregunta 2 (El pie de un futbolista golpea un balón, entonces:) muestra disminución de aciertos para las gráficas 1 y 2, pero no así para la 3, que indica el mismo valor que la pregunta anterior. Es interesante hacer notar que la mayoría de las respuestas que los alumnos proporcionaron antes de la charla caían en los incisos a) (El balón no ejerce fuerza alguna sobre el pie) y b) (El balón sí ejerce fuerza, pero de menor magnitud que la que ejerce el pie sobre él). Es clara la idea que poseen de que un cuerpo en reposo no puede ejercer fuerza. Está tan arraigado esto que el porcentaje de respuestas correctas para el primer cuestionario en esta pregunta fue solamente de 2% y para el segundo cuestionario de 14%. Para este segundo caso, está clara la idea que las respuestas no se contestaron azarosamente, y que el cambio de percepción después de la charla es considerable.

En la pregunta 3 (Dos personas chocan frente contra frente (es un accidente). La primera se encuentra quieta y la segunda corriendo, entonces:) notamos un ligero repunte para las tres gráficas del primer grupo. La tendencia de las tres gráficas sigue siendo la misma que en las dos preguntas anteriores. El número de aciertos en la tercera gráfica sobrepasó el 75% y de la tercera con respecto a la segunda hubo un incremento de casi un 150%, lo que se considera

ampliamente consistente con la hipótesis de la tesis. Para el segundo grupo aumentaron los aciertos para la gráfica 2 y disminuyeron para la 3. Aún así los aciertos de la gráfica 3 representan el 66% del total de preguntas y de la 2 casi el 50%. Solamente existió un incremento del 16%, muy bajo si lo comparamos con las preguntas 1,2 y 4 (que analizamos a continuación) y con el primer grupo.

La pregunta 4 (Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, por ejemplo un martillo golpeando un clavo, sabemos que:), es similar a las preguntas 1, 2 y 3. Para el primer grupo existió una reducción de las respuestas correctas en el cuestionario 3, por 8 aciertos y para el segundo se mantuvo constante con respecto a las respuestas de la pregunta anterior. Lo interesante es darse cuenta que en la gráfica 2 del segundo grupo existe una disminución de los aciertos y sin embargo no existió una disminución en los aciertos de la gráfica 3 para la misma pregunta. Es probable que una vez contestada la pregunta 3 después de la charla, la tendencia de la idea que ahí se maneja quede en los alumnos para contestar correctamente en la 4.

Las 4 preguntas que acabamos de analizar son similares. Estamos suponiendo varios casos cotidianos donde podamos encontrarnos con la Tercera Ley de Newton. Es de esperarse, entonces, que las gráficas para los dos grupos muestren condiciones similares. Aunque en algunas de ellas se tienen altibajos, en términos generales podemos encontrar una regularidad. Para esta parte de la gráfica (las 4 preguntas iniciales) se tiene un 75% de aciertos aproximadamente y más de un 120% de incremento en las respuestas del tercer cuestionario con respecto al segundo. Esta parte de la gráfica es ideal para el estudio.

En la pregunta 5 (¿Quién empuja a un cohete para que se mueva hacia arriba?), notamos una tendencia diferente en ambos grupos. En el primer grupo hay una caída en las tres gráficas. El número de aciertos para la tercera gráfica es de menos del 35% y en la segunda gráfica se tienen solamente 2 aciertos, que aunque son un número de respuestas muy bajas, el porcentaje de aumento de la gráfica 2 a la 3 es muy alto. Pasa algo muy diferente en el segundo grupo donde la

tendencia es al alta, aunque aquí el porcentaje de incremento es menor. Casi un 100% de aciertos para el tercer cuestionario y un 80% de aciertos para el segundo. No es difícil interpretar lo anterior. El primer grupo prácticamente no tenía conocimientos previos sobre esta pregunta, lo que se refleja directamente en el segundo cuestionario, por lo tanto influye para que el número de aciertos del tercer cuestionario también sea bajo. El segundo grupo sí conocía sobre el tema y los aciertos para el tercer cuestionario fueron de los más altos para todo el estudio. Cabe mencionar que para la propuesta de la tesis, son más favorables los resultados que observamos en el primer grupo que en el segundo, aunque en ambos existe un incremento de los cuestionarios No. 3 con respecto a los No. 2.

Para la pregunta 6 (¿Quién nos avienta hacia arriba cuando brincamos, es decir, si nuestras piernas empujan hacia abajo, por qué subimos?) es interesante notar que no existe ni siquiera una respuesta correcta para los cuestionarios 1 y 2 en ambos grupos. Aquí se plantea un caso extremadamente cotidiano, pero es complicado aceptar la idea de que es el piso es quien nos empuja, ya que no se está moviendo. A pesar de esto, 30% de los alumnos contestaron correctamente para el tercer cuestionario.

La pregunta 7 (Sabemos que a toda acción corresponde una reacción de la misma magnitud pero de sentido contrario. Si caminamos hacia delante (acción) ¿cuál es la reacción?) presenta un resultado aún más drástico: ningún alumno, en ningún caso de los tres cuestionarios y de los dos grupos, contestaron correctamente. Esta no era una pregunta de opción múltiple y muchas respuestas le atribuían al aire la reacción. La pregunta presenta todavía un caso más cotidiano que el anterior, pero justamente por eso, la respuesta es menos obvia. Aún hoy, estudiantes de ingeniería o física de los primeros semestres no responderían correctamente. Al parecer fue una pregunta muy complicada que se debió omitir en este estudio por el nivel de los escolares.

En la pregunta 8 caemos nuevamente en el estilo de las primeras 4 preguntas, aunque nos concentramos más en la idea de la pregunta 7 (sobre el movimiento de un cuerpo que se apoya en el piso) que en la idea de dos cuerpos

que se golpean. El primer grupo muestra una tendencia que favorece la propuesta de la tesis. El tercer cuestionario muestra 11 aciertos, casi 1/3 del total de las preguntas, mientras que el segundo solamente tiene 3 aciertos, hubo un incremento de más del 300%. Cabe mencionar, que para el segundo cuestionario no existe ni siquiera un 25% del total de aciertos, la idea del empuje del piso sigue siendo muy extraña. Para el segundo grupo sucedió un caso muy extraño. Esta es la pregunta más difícil de analizar de todo este estudio. El primer cuestionario muestra un total de aciertos cercano al 50%, el segundo cuestionario un total de aciertos cercanos al 35% al igual que el tercer cuestionario. Es el primer y único caso de todo el estudio donde la primera gráfica sobrepasa a las otras dos. No podemos dar una explicación precisa al respecto, para ello hubiera sido necesario entrevistar a los estudiantes, lo que podemos es especular. Existe la posibilidad de que muchos coincidieran en responder "atinando" por casualidad sobre el inciso correcto en el primer cuestionario. Es decir, en este caso es alto el número de aciertos por mera casualidad. Si desde luego hubiéramos formulado una pregunta sin opciones, como el caso de la pregunta 7, difícilmente podríamos encontrar un número tan alto de respuestas correctas en esta gráfica. Para el caso de las gráficas 2 y 3 las respuestas caen dentro del 25 % de aciertos, el azar se comportó "mejor". Desde luego hay que aclarar que esta pregunta no nos proporciona una información que pudiera reforzar la tesis.

La pregunta 9 (Muestra y explica brevemente una vivencia cotidiana donde se muestre la Tercera Ley de Newton) proporciona un decremento importante. En esta pregunta se les pedía a los alumnos que no repitieran ningún caso visto en las preguntas anteriores, de tal manera que deberían encontrar nuevos ejemplos. Nos parece que el tiempo que se les proporcionó fue mínimo, por lo cual, bajo esta presión, casi nadie ideó un nuevo caso.

## Conclusiones

La última gráfica del capítulo 3 muestra la cantidad de respuestas correctas totales para cada caso. Podemos notar que existe un incremento de aciertos del tercer cuestionario con respecto al segundo de un 96%. Este resultado reafirma la hipótesis de esta tesis.

Durante las charlas que se presentaron a los alumnos, fue mínima la participación, con preguntas o comentarios de los alumnos hacia el ponente. Esto es muy frecuente en escuelas públicas de México, donde muy poco se incentiva a la participación de los jóvenes. Suele suceder al revés en escuelas privadas.

Cabe mencionar que dentro del discurso escrito que presentamos sobre las charlas no manejamos el factor de humor que consideramos importante en nuestra descripción de las mismas. Desde luego que este factor sí se utiliza, pero no vimos conveniente expresarlo en el escrito. Este factor debe ser sutil y no debe ser ofensivo para los alumnos. Debe ser manejado de manera impersonal y se debe acoplar a las reacciones y participaciones de los alumnos.

No queremos vernos pretenciosos con los alcances que pudiéramos observar de esta tesis. Simplemente concluimos que un divulgador externo al plantel educativo -que pudiera representar una ventaja con respecto al docente en el manejo del grupo y en atención que se le preste por parte de los alumnos- pudiera ser capaz de incrementar en un alto porcentaje el nivel de conocimiento de los jóvenes en un tiempo relativamente bajo. Es muy probable que si el mismo profesor utiliza los mismos argumentos de divulgación para complementar su clase, no encuentre los mismos resultados.

Existen algunos casos por analizar en estudios similares y que se encuentran fuera de esta tesis. Por ejemplo, qué cantidad de alumnos que respondieron correctamente en alguno de los cuestionarios No. 2, respondieron correctamente en su correspondiente cuestionario No. 3. Es decir, ¿existió alguien que cambiara de idea, y al responder bien en el segundo cuestionario ya no

respondió correctamente en el tercero? Desde luego que esto no lo podríamos saber porque los cuestionarios no eran personalizados.

También un estudio más amplio debería incluir otras escuelas, otros profesores y otros métodos de enseñanza para ser complementados con esta misma propuesta educativa.

Este trabajo ha sido presentado como ponencia en el Encuentro Internacional de Profesores de Física, en Carmelo, Uruguay (2002); como cartel en el Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia en León, México (2003) y en el Congreso Internacional de la Red de Popularización de la Ciencia en la misma ciudad (2003); y nuevamente como ponencia en el Primer Taller Iberoamericano "Ciencia, Comunicación y Sociedad", en San José de Costa Rica (2003).

A continuación menciono algunos comentarios de los asistentes que se hicieron en los congresos, en el taller y en el encuentro anteriores:

- "Es difícil presentar resultados similares a los de esta tesis si el mismo profesor incluye elementos de divulgación en su clase. Es mucho mejor, si un divulgador externo al plantel complementa el tema."
- "¿Qué tipo de resultados esperábamos, si de todas maneras estamos incrementando el número de horas de un tema ante el alumno?"<sup>2</sup>
- "¿Por qué el afán de llamarle divulgación de la ciencia a este trabajo, si de todas maneras, llámese como se llame, proporciona resultados satisfactorios?"
- "Se debieran realizar trabajos similares a este con todos los temas del plan de estudios".
- "¿Por qué no se realizó un estudio más amplio con un mayor número de escuelas?"

- “¿En los museos de ciencia también se pueden obtener resultados similares a los de esta tesis?”
- “¿Los *anfitriones* de Universum podrían proporcionar conocimiento de la misma manera como se observó en este estudio?”
- “¿No es tramposo enseñarles a los chicos que la ciencia es divertida o espectacular, si muchas veces no la van a encontrar así?”
- “Existen *escuelas alternativas* que incorporan elementos similares a los de este estudio en sus alumnos. Los chicos son mucho más participativos”.

## Bibliografía.

- Indicadores Mundiales de Educación. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico,. Editorial Grijalvo. 2002
- Zamarrón, Guadalupe. "La Divulgación de la Ciencia en México: Una aproximación". Serie Cuadernos de Divulgación. Sociedad Mexicana de Divulgación de la Ciencia y la Técnica y CONACYT. 1994.
- Chamizo Guerrero, José Antonio. "Apuntes sobre la evaluación de la divulgación de la ciencia". "Antología de la Divulgación de la Ciencia en México". DGDC. UNAM. 2003
- Aguayo Quezada, Sergio. "México a la Mano". Grijalbo. 2003.
- Cházaro Loaiza, Sergio (Coordinador). "Claroscuros de la Educación en México. Política Educativa en el Periodo 1995-2000. La Educación en México, Historia, Realidad y Desafíos. Editado por Seguros Comercial América. 2002.
- Tonda, Juan; Sánchez, Ana M.; y Chávez, Nemesio, Coordinadores. "Antología de la Divulgación de la Ciencia en México". Cuarta de forros. DGDC. UNAM. 2003
- Reynoso Haynes, Eleine "El Museo de las Ciencias: un apoyo a la Educación Formal". Tesis para Optar por el Grado de Maestría en Enseñanza Superior. UNAM. 2000
- Reyes, Doraldina. "Coloquio Interno sobre Divulgación de la Ciencia". Dirección general de Divulgación de la Ciencia. UNAM. Abril-mayo 2000.
- Fierro, Julieta. "El Arte Mágico de la Ciencia". Entrevista por José Ángel Leyva. Revista Información Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Febrero de 1994.
- Sánchez Mora, Ana María. "Notas del sexto módulo de VII Diplomado de Divulgación de la Ciencia "Historia de la Divulgación de la Ciencia"". Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. 2002.
- Sánchez Mora, Ana María. "Notas del VII Diplomado de Divulgación de la Ciencia. Módulo 7 "Historia de la Divulgación de la Ciencia"". Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. 2001.
- Reynoso, H.E. (1997). La relación entre museos de ciencia interactivos y la enseñanza formal". Ponencia presentada en la V reunión de la Red Pop, UNESCO., La Plata, Argentina, 21-23 de abril de 1997.
- Hawkins, D.. "Messing about in Science. A New Place for learning Science. ASTC. Washington, D.C. 1992.
- Ramey-Gassert y H. Walberg. "Reexamining Connections: Museumms as Sciecie Learning Environments". Science Education. 1994.

## **Anexo 1. Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2002. (Viene de la página 1)**

En virtud del artículo 1 de la Convención firmada el 14 de diciembre de 1960, en París, y que entró en vigor el 30 de septiembre de 1961, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) tiene como objetivo fomentar las políticas destinadas:

- a lograr la más sólida expansión posible de la economía y del empleo y aumentar el nivel de vida de los países miembros, manteniendo la estabilidad financiera y contribuyendo así al desarrollo de la economía mundial;
- a contribuir en una sana expansión económica en los países miembros y en los no miembros en vías de desarrollo económico;
- a contribuir a la expansión del comercio mundial sobre una base multilateral y no discriminatoria conforme con las obligaciones internacionales.

La OCDE cuenta para su apoyo con El Centro para la Investigación y la Innovación Educativa que fue creado en junio de 1968 y en él participan todos los países miembros de dicho organismo

Los principales objetivos del Centro son los siguientes:

- analizar y desarrollar investigación, innovación e indicadores clave acerca de temas de educación y aprendizaje tanto actuales como incipientes, así como sus vínculos con otros rubros de la política;
- explorar enfoques prospectivos de la educación y el aprendizaje en el contexto del cambio cultural, social y económico tanto en el ámbito nacional como internacional; y
- facilitar la cooperación práctica entre los países miembros y, donde resulte relevante, con países no miembros, con el fin de buscar soluciones e intercambiar puntos de vista sobre problemas educativos de interés común.

A través de PISA (Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes de la OCDE), que proporciona un seguimiento periódico al desempeño de los estudiantes dentro de un marco acordado internacionalmente, se realizó el estudio referido, denominado *Aptitud para ciencias*, bajo los siguientes lineamientos:

1. La población objetivo para este indicador (*aptitud para ciencias*) se formó con los jóvenes de 15 años de edad. En términos operativos, esta definición se refiere a los estudiantes que tenían entre 15 años y 3 meses cumplidos y 16 años y 2 meses cumplidos al inicio del periodo de pruebas y que se encontraban matriculados en una institución educativa, sin importar el grado o el tipo de institución en la cual estuvieran matriculados o si asistían a la escuela tiempo completo o tiempo parcial.

2. ¿Qué es la *aptitud para ciencias*?

La aptitud para ciencias refleja la capacidad de los estudiantes para emplear el conocimiento científico, reconocer preguntas relacionadas con la ciencia e identificar lo que se involucra en las investigaciones científicas, así como relacionar los datos científicos con afirmaciones y conclusiones y comunicar estos aspectos de la ciencia.

3. ¿Qué significan los diferentes puntos a lo largo de la escala de aptitud para ciencias?

La escala se puede describir en términos de la creciente dificultad de los reactivos que se requiere que realicen los estudiantes:

- Hacia el extremo alto de la escala de aptitud para ciencias, alrededor de los 690 puntos, los estudiantes normalmente son capaces de crear o emplear modelos conceptuales sencillos para realizar predicciones o dar explicaciones; analizar investigaciones científicas en relación con, por ejemplo, el diseño experimental o la identificación de una idea que está siendo a prueba; relacionar los datos como evidencia para evaluar puntos

de vista alternativos o perspectivas diferentes; y comunicar argumentos científicos o descripciones en detalle y con precisión.

- Hacia los 550 puntos, los estudiantes normalmente son capaces de emplear los conceptos científicos para realizar predicciones o dar explicaciones; reconocer preguntas que pueden ser contestadas mediante la investigación científica o identificar detalles acerca de o que se involucra en una investigación científica; y seleccionar la información relevante de entre datos que compiten o cadenas de razonamiento para obtener o evaluar conclusiones.
- Hacia el extremo inferior de la escala, alrededor de los 400 puntos, que alcanzan por lo menos tres cuartas partes de los estudiantes en casi todos los países, los estudiantes son capaces de recordar conocimientos factuales (como nombres, datos, terminología, reglas simples); y emplear el conocimiento científico común para obtener o evaluar conclusiones.

Lista de resultados para *Aptitud en Ciencias* de la OCDE y puntaje obtenido en la media de desempeño en la escala de aptitud para ciencias.

1. Corea del Sur, 552
2. Japón, 550
3. Finlandia, 538
4. Reino Unido, 532
5. Canadá, 529
6. Nueva Zelanda, 528
7. Australia, 528
8. Austria, 519
9. Irlanda, 513
10. Suecia, 512
11. República Checa, 511
12. Francia, 500
13. Noruega, 500

14. Estados Unidos, 499
15. Hungría, 496
16. Islandia, 496
17. Bélgica, 496
18. Suiza, 496
19. España, 491
20. Alemania, 487
21. Polonia, 483
22. Dinamarca, 481
23. Italia, 478
24. Liechtenstein, 476
25. Grecia, 461
26. Federación Rusa, 460
27. Letonia, 460
28. Portugal, 459
29. Luxemburgo, 443
30. México, 422
31. Brasil, 375