



---

Flores Herrera O, Rendón Huerta E, Riveros Rosas H, Sosa Peinado A, Vázquez Contreras E, Velázquez López I (eds). **Mensaje Bioquímico, Vol XXIX**. Depto Bioquímica, Fac Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd Universitaria, México, DF, MÉXICO. (2005).  
(<http://bq.unam.mx/mensajebioquimico>)

(ISSN-0188-137X)

---

## **EL PLACER DE INVESTIGAR**

### **Entender causa placer, un incentivo para la investigación y la didáctica**

Héctor G. Riveros  
Instituto de Física  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Apdo. Postal 20-364, Ciudad Universitaria, México, D.F., 01000, México  
[riveros@fisica.unam.mx](mailto:riveros@fisica.unam.mx)

#### **THE PLEASURE OF RESEARCH**

**Understanding as a source of pleasure, an incentive to the research and teaching**

##### **Abstract**

*In scientific research we want to find answers to questions about the nature, generating even more questions. When we understand something, we felt pleasure, and that is the motivation which has brings us to our actual knowledge. The arts have three common characteristics. the pleasure experienced by the artist while he produces a work of art, the pleasure felt by the audience who observes such a work, and the need for aptitude or inspiration. In a similar way, when we understand something, we also experience a kind of pleasure, and such a pleasure can be transmitted, and it need inspiration. Therefore, we could say that thinking is an art.*

*With demonstrations, experiments and question we will show that understanding is pleasurable. That pleasure motivates the researcher, as an artist. When we research a topic interesting to us, we have better ideas just because we think about it without effort. There are two profound consequences if scientific work is an art: in its teaching, because teaching an art is quite different as forming craftsman. In the profession, to practice an art is agreeable. When choosing a profession it is very important that we like its practice, we will found an increased efficiency.*

**Keywords:** Vocation; research; art; science; reasoning; data interpretation; demonstration.

## Introducción

Investigar es buscar la respuesta a las preguntas que nos hacemos sobre los temas que nos interesan. Investigación científica implica que las preguntas son acerca de la naturaleza que nos rodea, lo que llamamos fenómenos naturales. Estudiamos las relaciones entre objetos, aunque no sepamos con precisión su naturaleza. Sabemos como se atraen dos cargas eléctricas aunque no sepamos exactamente como están constituidas. Nuestro concepto inicial de átomo como elemento fundamental, evolucionó a protones, neutrones y electrones como partículas básicas de la materia, aunque ahora sabemos que son los quarks los fundamentales, pero seguimos sin saber que es la materia, sabemos como se comporta y podemos predecir que va a pasar en ciertas situaciones, pero escondemos nuestra ignorancia básica en el invento de nuevas palabras. La Filosofía es la que busca el por qué de las cosas, las ciencias naturales se ocupan solamente de las relaciones entre conceptos o variables, que observamos en nuestro entorno. Podemos decir que la Ciencia se basa en la duda como la Religión se basa en la fe, lo que en el pasado causo problemas de interpretación.

Los científicos son seres humanos y pueden tener todas las virtudes y defectos característicos de la humanidad, se puede decir que todos queremos obtener el éxito en la vida. Lo que cambia es como definimos la palabra éxito. Para algunos puede consistir en obtener un Premio Nobel, llegar a puestos académicos importantes, amasar una fortuna o alguna otra meta personal. Se ha demostrado que 2/3 de los premios Nobel se adjudican a discípulos de premiados anteriores y sólo 1/3 a investigaciones sobre campos nuevos; así, coexisten la política y la "grilla" académica local, universitaria y/o nacional, unas pocas fortunas se han hecho a partir de investigaciones científicas, hay plagio y falsificación de datos experimentales, así como hay notables ejemplos de caballerosidad y honradez. Hay quien se contenta con disfrutar cada día, con el placer que se obtiene al obtener resultados satisfactorios en sus investigaciones.

Generalmente se piensa que el trabajo científico es un trabajo muy difícil, y reservado a mentes excepcionales. La manera como se enseña la Física, la Química y las Matemáticas contribuye a que los niños las aborrezcan. Pero a lo largo de los siglos, las ciencias han sido cultivadas por el placer que proporcionan. Conviene entonces que recordemos que éste es el incentivo que a lo largo de los siglos nos ha llevado al estado actual del conocimiento. Espero demostrar que pensar es un arte, que el arte causa placer en el ejecutante y en el espectador; y que es la principal motivación del trabajo científico o el *arte de pensar*.

Las actividades artísticas reconocidas incluyen a: la música, la pintura, la poesía, la danza, el teatro, la literatura, el cine, la escultura, etc. ¿Cómo podemos reconocer las actividades artísticas de las que no lo son? Podemos acudir a un diccionario, pero no es fácil encontrar definiciones satisfactorias. El Diccionario de la Lengua Española<sup>1</sup> define arte como: "Virtud, disposición y habilidad para hacer alguna cosa. // Acto o facultad mediante los cuales, valiéndose de la materia, la imaginación o del sonido, imita o expresa el hombre lo material o lo inmaterial, y crea copiando o fantaseando". La Enciclopedia Británica<sup>2</sup> (1995) por su parte dice: "El uso de habilidades e imaginación en la creación de objetos estéticos, en el entorno que pueden ser

---

<sup>1</sup> Real Academia Española (1992). Diccionario de la Lengua Española. Vigésima primera edición. Espasa Calpe. Madrid.

<sup>2</sup> Enciclopedia Británica (1995). Enciclopedia Británica Inc.

compartidos con otros". Estas definiciones son un tanto vagas para nuestros fines. Los científicos definimos acudiendo a buscar características comunes y diferenciadoras.

Operacionalmente las actividades artísticas son muy diferentes pero tienen tres características en común: el placer que siente el artista al trabajar en su arte, el placer que siente el auditorio que observa el resultado de su trabajo y la inspiración presente en los artistas. El pensar tiene también estas propiedades: el pensar causa placer en quien lo realiza, por eso jugamos ajedrez, hacemos crucigramas o hacemos trabajo científico; es transmisible, un estudiante siente placer cuando entiende algo, le brillan los ojos, etc.; y diferentes personas interpretan o se inspiran, obteniendo diferentes resultados de los mismos datos experimentales. La inspiración asociada a los grandes descubrimientos científicos es similar a las grandes obras de arte. Por tanto, pensar es un arte.

Recientemente la revista *Nature* publica tres artículos referentes al tema del arte y la ciencia:

- **A tale of two loves (1)**  
The arts and sciences provide complementary ways of looking at the world,
- **From science in art to the art of science (2)**  
Shared intuitions about the natural world drive the pursuits of artists and scientists
- **Experimental physics, experimental art (3)**  
What happens when artists and particle physicists are brought together to exchange ideas?

El entender el por qué y cómo se pueden utilizar nuestros conocimientos, es placentero. Este es un aspecto artístico de las actividades intelectuales, que conviene tomar en cuenta en el momento de escoger una profesión. El trabajar en un tema de interés personal, convierte en un placer la obtención de resultados, y por lo tanto, mejora nuestra eficiencia. Además de contribuir grandemente a la tranquilidad espiritual necesaria, para que nos llegue lo que llamamos inspiración. Si el trabajo científico es un arte tiene dos consecuencias profundas: en su enseñanza, porque enseñar un arte es muy diferente de formar artesanos, y en la profesión, porque ejercer un arte debe ser placentero. Al escoger una profesión es muy importante que nos guste su ejercicio, para que podamos trabajar muchos años, si es que al placer se le puede llamar trabajo.

Al acabar los estudios de licenciatura, mientras se realiza la tesis profesional llega el momento de la gran decisión, de grandes consecuencias: me pongo a trabajar o prosigo estudios superiores, o una combinación de ambas. Esta decisión que parece única en realidad está compuesta de muchas preguntas ¿Qué me gusta más?: ejercer la Medicina o investigarla, lo básico o lo aplicado, la docencia o la investigación. Pero no hay investigación sin docencia y no debería haber docencia sin investigación. Hay que considerar también si hay quien trabaje en los temas que me interesan. ¿Existen becas, empleos o tengo que irme al extranjero? En resumen ¿Qué voy a hacer el resto de mi vida?

Como médicos podemos trabajar en la iniciativa privada o en organismos gubernamentales, estos últimos pueden ser organismos descentralizados o instituciones de investigación y/o enseñanza. Generalmente se separan las actividades en investigación y en

docencia; pero en realidad, ambas son dos caras de una misma moneda. El trabajo del investigador necesita transmitirse de la manera más clara posible, lo que es un aspecto fundamental en la docencia; y el profesor necesita encontrar los mejores métodos para que el estudiante aprenda así cómo también evaluar el aprendizaje, lo que esencialmente es investigar. Investigar es preguntarnos el cómo pasan las cosas para poder mejorar los procesos involucrados, hacer hipótesis tentativas, proponer y resolver los modelos correspondientes, predecir resultados que permitan escoger el equipo experimental requerido para verificar los modelos calculados, realizar experimentos e interpretarlos, etc. Bajo este punto de vista, todo lo que hacemos podemos llamarlo investigación.

En sus inicios todas las Ciencias comenzaron como pasatiempos agradables, aunque actualmente hay quienes consideran que el trabajar en alguna ciencia es difícil, pero en realidad es un placer para quien tiene vocación para realizarlo. Es este aspecto el que conviene difundir para que se entienda que la ciencia es arte, ya sea en sus formas básicas o aplicadas, y ambos aspectos forman parte de la cultura del hombre moderno. Esto es particularmente importante para la formación de los niños y jóvenes que tratan de encontrar su vocación. Pero debemos tomar en cuenta que lo que un adulto entiende por entender es diferente de lo que piensa un niño, por ejemplo, cuando un adulto observa una hélice girando en el extremo de un palito explica el giro en término de vibraciones y fases en las ondas; cuando un niño observa el mismo fenómeno y pregunta el por qué, lo que en realidad quiere entender es qué tengo que hacer para que la hélice también gire conmigo.

Las demostraciones, experimentos o preguntas se pueden usar para demostrar que el entender el por qué de las cosas es placentero. Y que este placer es el motivador del investigador, como un artista, obtiene placer de su arte. Cuando se investiga en los temas que nos interesan, tenemos mejores ideas simplemente por que todo el tiempo estamos pensando en el tema sin esfuerzo de nuestra parte. Podemos comentar algunas demostraciones que pueden servir para crear un ambiente en que los espectadores puedan entender lo que está pasando. Si entienden solos el funcionamiento del dispositivo, sentirán el placer de pensar de primera mano; o al menos, al entender la explicación correspondiente.

#### **Demostraciones:**

Sonido en tubo girando.-

- Se produce sonido al hacer girar un tubo corrugado
- El tono se hace más agudo al aumentar la velocidad de giro
- El cambio de tono no es gradual, es a saltos
- ¿El sonido se produce adentro o afuera del tubo?

Pulso de aire.-

- Lata cilíndrica con membrana elástica en un extremo y agujero circular pequeño en el otro extremo
- Golpeando la membrana se produce un pulso de aire capaz de apagar una vela
- Llenando con humo al recipiente, se observa que el pulso mantiene su forma de dona y que va perdiendo velocidad por fricción con el aire.
- ¿Que viaja más rápido, el pulso o el sonido?

#### Fantasma en cuerda.-

- Al girar una cuerda en el aire y usando un proyector adecuado, puede aparecer la imagen de una muchacha como si hubiera una pantalla en donde gira la cuerda
- ¿Cómo se logra esto?

#### ¿Control Mental?-

- Palito con muescas y una hélice en un extremo.
- La hélice gira cuando se golpea las muescas con el ritmo adecuado
- Se dice que se controla el sentido de giro de la hélice mediante las ondas emitidas por la mente
- ¿Por qué gira la hélice?

#### Gatito con pelota.-

Al acercar el gatito a la pelota, ésta se aleja girando. Dentro del gatito y la pelota deben estar unos imanes que produzcan las fuerzas y torcas necesarias. Pero ¿Cómo están colocados los imanes dentro del gatito y la pelota?

#### Imán levitado.-

Para entender la demostración conviene recordar que tenemos imanes duros y blandos. Duros son los imanes permanentes que mantienen un campo magnético remanente al sacarlos del campo magnetizante, y blandos se usan como núcleo de los electroimanes en que casi desaparece el magnetismo al quitar la corriente eléctrica que los magnetiza

La demostración más conocida de levitar un imán es colocarlo sobre un material superconductor con cero resistividad eléctrica. Estos materiales repelen a los imanes.

- Paramagnetismo- Se presenta en materiales cuyas moléculas se comportan como imanes aun en la ausencia de campos magnéticos. En un campo magnético se orientan en la dirección del campo magnético externo
- Diamagnetismo- Moléculas sin magnetismo, el campo magnético inducido es en sentido contrario al campo magnético externo
- ¿Podemos levitar un imán, sin usar un superconductor?



**Figura 1.** Imán levitado entre dos placas de grafito.

Águila en vidrio o ¿cuarzo?

- Figura tridimensional hecha con puntos en medio de un bloque de vidrio o cuarzo
- El vendedor dice que es de cuarzo ¿Podemos distinguir el vidrio del cuarzo?
- ¿Cómo la hicieron?



**Figura 2.** Águila tridimensional en un bloque de vidrio o cuarzo

Romper periódico con regla de madera

- Se intenta romper un periódico con una regla de madera
- Con rapidez, la regla debe poder romper la hoja de periódico
- ¿Puede el periódico romper la regla?

Si al cabo de un cierto tiempo, el espectador no entiende lo que está pasando, conviene explicar la situación. Es muy molesto quedarse sin entender y de todos modos es placentero entender una explicación. Es mejor hacerlo después de cierto tiempo para incrementar la probabilidad de que llegue la inspiración al espectador para entender lo que pasa por él solo. Ahora mencionaremos las explicaciones pendientes:

Sonido en tubo girando.-

El sonido lo produce el flujo del aire en el interior del tubo corrugado. Para que el aire del interior gire con el tubo hace falta una fuerza centrípeta que no existe. Si tapamos con la mano, el sonido desaparece y se hace un vacío en el interior que proporciona la fuerza centrípeta necesaria para mover las moléculas remanentes. Quitando la mano, al girar el tubo, el aire es expulsado en el extremo girando y por lo tanto es aspirado por el centro, lo que provoca que choque con las corrugaciones internas produciendo rebotes a una frecuencia proporcional a la velocidad de flujo. El sonido se produce cuando entra en resonancia a las frecuencias de un tubo abierto por ambos extremos. La velocidad del flujo del aire en el interior aumenta con la velocidad de giro del tubo, lo que justifica el cambio en el tono. Un tubo corrugado se puede usar

---

como velocímetro en el auto, colocando un extremo paralelo al coche, el aire entra en el tubo a la velocidad del coche y se producen las diferentes resonancias conforme el coche pasa por las velocidades correspondientes.

#### Pulso de aire.-

Permite mostrar la diferencia entre velocidad del pulso y velocidad del sonido. El ruido que genera el pulso llega a todo el cuarto antes de apagar la vela. . El sonido viaja más rápido. Al golpear la membrana elástica se produce una dona de aire, que se mueve sin mezclarse con el aire estático, como se demuestra al llenar de humo el recipiente. La onda de compresión que se produce al golpear la membrana viaja en su interior con un diámetro constante hasta llegar al orificio de salida, en donde se ve constreñida a fluir por el orificio. La mayor parte del material sale por el borde, la fricción con el orificio al salir, le produce un giro que hace estable a la dona. El humo no se mezcla con el aire, mientras se desplaza a través de él.

#### Fantasma en cuerda.-

Enfocando una transparencia de una muchacha a un metro del proyector, un hilo girando puede servir como pantalla. La persistencia de las imágenes en el ojo, hace que la figura se vea completa. La imagen puede observarse en ambos lados de la cuerda ya que dispersa la luz en ambas direcciones.

#### ¿Control Mental?

Hasta ahora no se ha demostrado que el cerebro emita ondas que permitan controlar algún proceso. La observación de que la hélice gira nos lleva a qué movimiento debe tener el clavo que la soporta para hacerla girar. ¡Debe tener un movimiento de oscilaciones en círculo! Un movimiento así, se logra con dos movimientos armónicos simples (oscilaciones) perpendiculares entre sí, digamos uno vertical y el otro horizontal. Si retrazamos 90 grados a uno de los movimientos logramos un movimiento circular en el clavo con un sentido de giro, retrazando el otro cambiamos el sentido de giro. La explicación usual usa este hecho como base para justificar el movimiento. Al golpear las muescas con el ritmo adecuado se logra la resonancia en las ondas que se propagan por la madera, con componentes verticales y horizontales. El objeto con que se golpea se agarra de manera que el dedo índice o el dedo pulgar puedan frotar el costado del palito con muescas. Dependiendo de cual dedo friccione, se cambia el sentido de giro. Cuando en un oscilador armónico metemos un término de fricción reducimos la frecuencia natural de oscilación, y este cambio en frecuencia se puede ver, a corto plazo, como un cambio en la fase de dos ondas, lográndose el efecto de onda circularmente polarizada. Nótese que el término fase entre dos ondas, tiene sentido solamente para ondas de la misma frecuencia. ¡Seguimos sin probar que existen ondas mentales!

#### Gatito con pelota.-

Si colocamos el imán de la pelota en posición horizontal, en una superficie con poca fricción, la pelota se convierte en una brújula. Esto hace que al acercar otro imán acercándolo por el polo opuesto para que lo repela, la pelota gira convirtiendo la fuerza en atracción. Por lo tanto, el imán dentro de la pelota debe de estar vertical, digamos con el polo norte arriba. Si acercamos otro imán vertical con el polo norte arriba se produce una repulsión que empuja a la pelota en el plano

vertical, la pelota se inclina hasta que la torca<sup>3</sup> producida por el peso compensa la torca producida por los imanes. Para producir el giro necesitamos girar el imán que acercamos sacándolo de la vertical hacia la derecha o hacia la izquierda. En este caso, además de la repulsión se produce la torca que ocasiona el giro que aleja a la pelota girando en un sentido, con el imán desviado a la izquierda, o en sentido contrario con el imán desviado a la derecha.

Imán levitado.-

El imán que se levita es un imán cúbico de alta remanencia sostenido por un imán cerámico en forma de toroide colocado cerca de 25 mm arriba. Este imán tiene una tuerca que permite ajustar su posición con mucha precisión. La tuerca baja el imán toroide hasta que levanta el imán cúbico. Este equilibrio es sumamente inestable, lo normal es que el imán levantado se pegue en el que lo levanta. La estabilidad se logra mediante las placas de grafito diamagnético, cuando el imán se acerca a la placa superior induce el diamagnetismo en sentido opuesto al campo polarizante que lo regresa al centro. Si se acerca a la placa inferior sucede lo mismo lográndose un equilibrio estable. Se requiere que el grafito sea muy puro, que no tenga fierro que al magnetizarse cubra el débil efecto diamagnético

Águila en vidrio o ¿cuarzo?

Podemos distinguir entre vidrio y cuarzo si conocemos el índice de refracción y la densidad de ambos. Sus valores son cercanos pero diferentes, por lo que midiendo con cuidado puede verificarse que son de vidrio. Viendo la figura con los ojos parece estar formada por burbujas, lo que sugiere que se formaron a través de un proceso local de muy alta temperatura. La ausencia de bordes indica que no fue hecha con molde por lo que debió de ser hecha calentando cada punto. Un láser de alta potencia enfocado al máximo permite altas densidades energéticas que permiten calentar localmente el vidrio. Observando con un microscopio óptico se nota que no son burbujas sino rupturas debidas a esfuerzos térmicos indicando una concentración a 10 micras del haz del láser (Figura 3). Otro tipo de fuente luminosa no puede enfocarse a un diámetro tan pequeño. Las rupturas están en el plano perpendicular al flujo de calor como puede notarse comparando con la fotografía microscópica tomada a 90 grados de la primera.

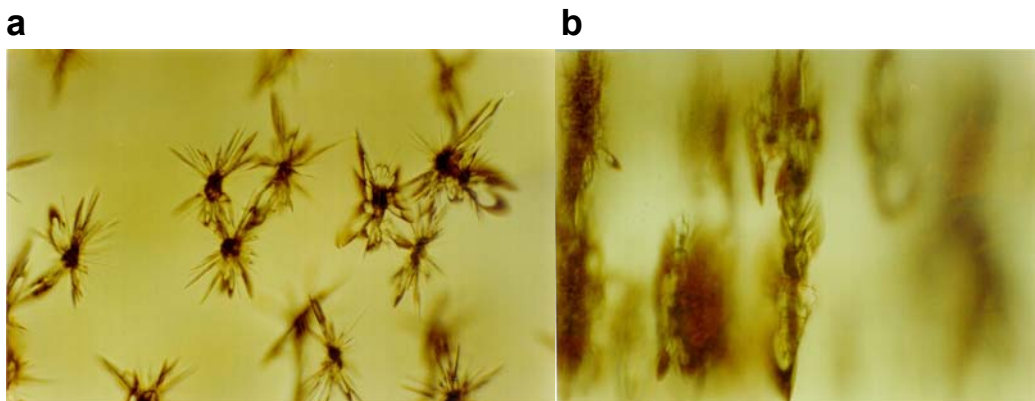
Romper periódico con regla de madera

Al intentar romper un periódico con una regla de madera, la regla arrastra el periódico sin romperlo. Con más rapidez en la regla se debe poder romper la hoja de periódico. Para darle más rapidez al movimiento de la regla podemos colocarla en el borde la mesa sobresaliendo 5 cm. y 25 cm sobre la mesa, este brazo de palanca quintuplica la velocidad. El periódico se coloca aplanándolo sobre la mesa. Al golpear el extremo de la regla esta se parte dejando el periódico intacto. Muchos libros dicen que se debe a que la presión atmosférica de casi un kilo por centímetro cuadrado (10 Newtons por centímetro cuadrado) sujeta a la regla contra la mesa, ya que si se levanta se haría un vacío entre el papel y la mesa. Esta es una explicación razonable, pero no necesariamente cierta.

---

<sup>3</sup> Recordemos que una torca (del latín *torquere*, torcer) se refiere al efecto de rotación de una fuerza aplicada a un cuerpo rígido; dicha tendencia a girar depende de la fuerza y del ángulo con que se aplica dicha fuerza con respecto al centro de giro y se mide como brazo de palanca por fuerza.





**Figura 3.** Vista microscópica de la figura del águila, a) vista de frente. b) vista de perfil

Si repetimos el experimento colocando los pedazos de la primera regla en ambos lados de la otra nueva, podemos separar el periódico de la mesa y al pegarle a la regla podría partir el periódico. Se observa que la regla vuelve a partirse, por lo que no es la presión atmosférica la que lo sujeta. Una hoja de papel periódico pesa cerca de 10 gramos, la regla pesa 22 gramos, por lo que su masa no es despreciable. Repitiendo el experimento con una masa de 10 gramos en plastilina sobre la regla se vuelve a partir la regla confirmando que es la inercia del periódico la que cuenta. La densidad del aire en ciudad de México es cercana a un gramo por litro, suponiendo que se mueven 500 centímetros cuadrados de área por 1 cm de espesor, la contribución en masa es de 0.5 gramos, despreciable comparada con las otras masas. De hecho, es posible romper la regla sin ninguna masa extra, ayudando a la mano con un martillo para obtener mayor velocidad en el golpe.

Las leyes de la Física son de aplicación universal por lo que su aplicación en los problemas cotidianos ayuda a entender sus implicaciones, por ejemplo la conservación de la energía es indispensable para entender el metabolismo en los seres vivos, medido a través de la energía consumida en las diversas actividades humanas.

- La ley de la conservación de la energía vale para todos los procesos, cuando incluimos a la masa como otro tipo de energía
- La energía en los alimentos se mide en calorímetros, en donde se determina el cambio en temperatura producido por la combustión del alimento estudiado. La energía disipada es la misma ya sea que la oxidación sea rápida en la llama o lenta en las células del cuerpo humano



**Figura 4.** Secuencia de fotografías mostrando el rompimiento de una regla, separadas 1/15 de segundo. Nótese la inercia del papel.

La Tabla 1 muestra algunos datos sobre el cambio en el metabolismo como función de la edad y el sexo; la Tabla 2 muestra el gasto de energía que una persona desarrolla al realizar diversas actividades y la Tabla 3, el consumo *per cápita* de diferentes bebidas alcohólicas en algunos países, así como la cantidad de calorías que aporta el etanol contenido en ellas.

**Tabla 1.** Requerimientos energéticos diarios de una persona como función de la edad y su sexo.

Edad (años)	Mujer (kcalorías/día)	Peso (kg)	Hombre (kcalorías/día)	Peso (kg)
11 a 14	2200	46	2700	45
15-18	2100	55	2800	66
19-22	2100	55	2900	70
23-50	2000	55	2700	70
51>	1800	55	2400	70
Basal	1300		1800	

Las cifras indicadas corresponden a las recomendadas por el Instituto Nacional de la Nutrición.

**Tabla 2.** Potencia y consumo de energía requerido por un individuo adulto en función del sexo y el tipo de actividad desarrollada.

Actividad	Mujer		Hombre	
	Consumo energético Kcal • kg <sup>-1</sup> • h <sup>-1</sup>	Potencia <sup>a</sup> (Watts)	Consumo energético Kcal • kg <sup>-1</sup> • h <sup>-1</sup>	Potencia <sup>b</sup> (Watts)
Basal	0.98	62.9	1.07	87.1
Escribir	1.3	83	1.5	122
Caminar	2.6	166	2.9	236
Marchar	4.1	262	4.3	349
Jugar Fútbol	8.1	517	8.4	683

Datos calculados con base en información proporcionada en Lehninger AL (1984). *Principios de Bioquímica*. Omega. Barcelona.

<sup>a</sup> Potencia desarrollada considerando un peso corporal de 55 kg.

<sup>b</sup> Potencia desarrollada considerando un peso corporal de 70 kg.

Considere que watts equivalen a joules/segundo

**Tabla 3.** Consumo anual per capita de etanol total (calculado como alcohol absoluto), vino, cerveza y bebidas destiladas en algunos países.

País	Consumo total de alcohol (litros de etanol absoluto)	Consumo de vino (litros)	Consumo de bebidas destiladas	Consumo de cerveza (litros)	Aporte calórico del etanol (Kcalorías)
Francia	13.0	75.1	5.75	56.2	72 800
España	12.7	54.0	7.5	64.5	71 100
Alemania	10.6	25.8	5.5	144.2	59 400
Italia	10.0	79.0	2.75	33.3	56 000
Argentina	8.9	58.1	3.25	40.0	49 800
EE UU	7.6	9.1	6.0	90.1	42 600

Las cifras de consumo de bebidas alcohólicas y etanol son tomadas de Pyörälä [Br. J. Addict. (1990) 85: 469-477], de acuerdo a estimaciones realizadas en 1987.

Con estos datos podemos calcular que el consumo promedio diario en etanol oscila entre 116 y 200 Kcalorías, que constituyen entre el 6% y 10% del consumo energético diario. Para una alimentación sana se requiere que sea balanceada, incluyendo carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas. El subir o bajar de peso depende de si se consume más o menos calorías de las que se queman durante las actividades diarias. Si queremos controlar el peso mediante el ejercicio conviene tomar en cuenta, que en una hora caminando una mujer de 55 kg disipa 143 kcal (2.6x55) y un hombre de 70 kg disipa 203 kcal (2.9x70). Dado que una tortilla contiene 70 kcal, el consumir una tortilla extra requiere que la mujer camine 30 minutos (el hombre 20 minutos) para disiparlas. Generalmente el efecto del ejercicio es producir más hambre, por lo que se puede inclusive ¡subir de peso!

Instrumentación para el diagnóstico y la curación de los enfermos.

Para obtener la máxima información de los instrumentos es necesario tener nociones de los principios físicos de su funcionamiento, que nos permitan interpretar adecuadamente los resultados observados. En los últimos años la instrumentación médica se ha desarrollado con mucha rapidez, lo que indica que no importa demasiado qué instrumento usemos como ejemplo de instrumentación, lo que importa son los métodos de razonamiento asociados a su uso e interpretación, razonamiento que será necesario para un uso eficiente de los instrumentos del futuro.

La cirugía a corazón abierto solo fue posible hasta que se encontró la manera de mantener la sangre fluyendo, agregándole oxígeno y eliminando el dióxido de carbono, sustituyendo el conjunto del corazón y los pulmones simultáneamente. Esto debe lograrse sin alterar a la sangre, que es sensible al daño por esfuerzos cortantes que se producen si se le agita demasiado, que tiene que regresar al cuerpo humano a la temperatura corporal compensado el calor perdido, y se requiere un volumen pequeño de sangre extra para reducir la necesidad de sangre de donadores.

En la Figura 5 se muestra un diseño que consiste en un conjunto de discos que giran a baja velocidad semi-sumergidos en sangre, la que se pega al disco en una película delgada, que se expone a un flujo de oxígeno para el intercambio gaseoso. Además, se requiere la bomba que mueve la sangre y los calentadores para mantener la temperatura de la sangre en movimiento.

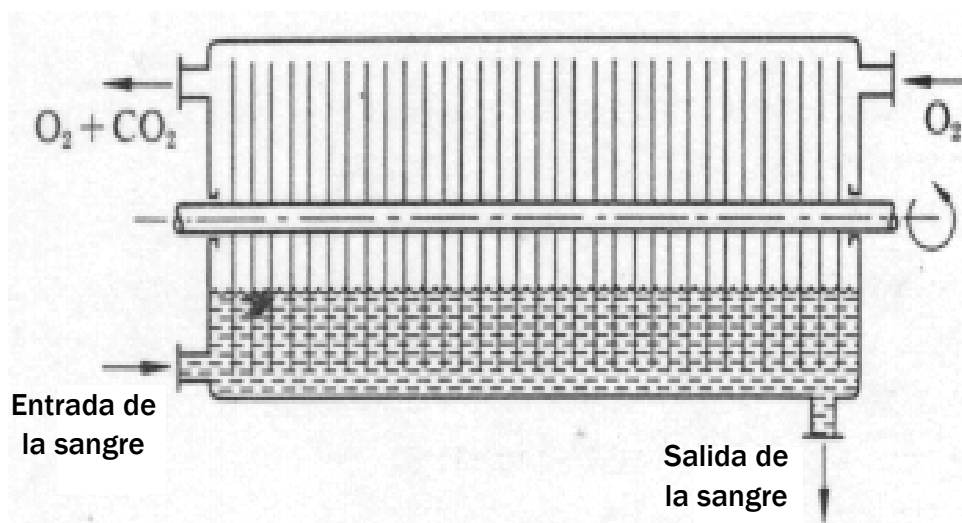


Figura 5. Oxigenador de sangre de disco rotatorio. Esquema tomado de (4).

Las demostraciones también pueden usarse para fomentar la discusión e incentivar el razonamiento colectivo. Una demostración muy efectiva es dejar caer juntas, una pelota de ping-pong sobre una de hule duro. Sorprende a los espectadores que la pelota de ping-pong suba hasta 5-6 veces la altura de la caída. Para la colisión entre una pelota ligera y una pesada en reposo, se observa que la pelota ligera invierte su velocidad. Si el choque fuera completamente elástico, la magnitud de la velocidad sería la misma. ¡Una pelota rebotando en la Tierra elásticamente mantendría la misma altura! Si choca una pelota pesada con una ligera en reposo, esta sale con el doble de velocidad; lo que podemos justificar cambiando el sistema de

---

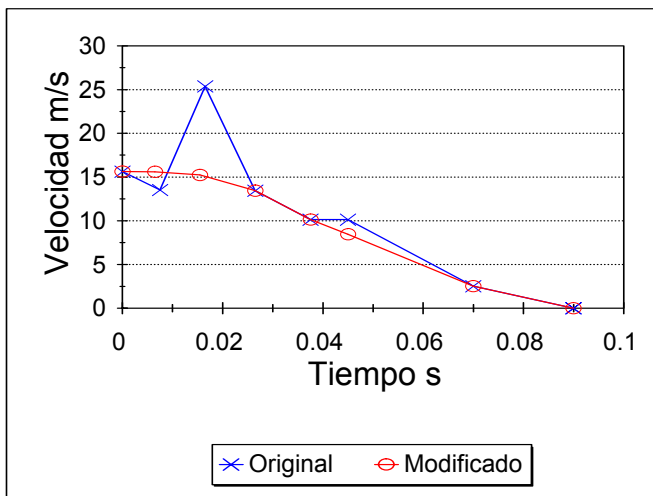
referencia a la pelota pesada. En el caso de que las dos lleven la misma velocidad pero direcciones opuestas, se puede calcular que la velocidad de la pelota ligera es tres veces mayor. Esto es, rebota con nueve veces la energía cinética original, o que si el choque fuera elástico rebotaría hasta 9 veces la altura original. El que no suba tanto nos indica que el choque no es completamente elástico. Este es el momento para comentar los peligros de chocar con el gordito del grupo en el patio de la escuela, o con un camión pesado en la carretera. El objeto liviano rebota con dos veces la velocidad si está en reposo, o tres veces si los dos llevan la misma velocidad.

### Interpretación de datos – errores y equivocaciones

Las revistas son una fuente de datos interesantes para fomentar el razonamiento en la vida diaria. Analizando datos publicados en la revista *Popular Science* (5) referentes a la colisión de un vehículo mediano con un poste, se entienden las ventajas del cinturón de seguridad. Aunque la velocidad es relativamente pequeña ( $54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$ ), se pierde en un tiempo cercano a una décima de segundo incrustándose el poste cerca de  $75 \text{ cm}$ ; la aceleración promedio durante el choque llega a  $150 \text{ m/s}^2 = 15$  veces la aceleración de la gravedad. Esto es, si el coche pesa una tonelada, el poste lo detuvo con una fuerza de 15 toneladas. Antes de ver estos números, siempre había pensado que en caso de una colisión poniendo las manos sobre el tablero podía detener el cuerpo; pero es claro que no tengo fuerza suficiente para cargar 15 veces mi propio peso. Si lo intento, los brazos pueden desprenderse de los hombros, y torso y cabeza se incrustan en el parabrisas, en un tiempo cercano a una décima de segundo. ¡Es una muerte rápida!

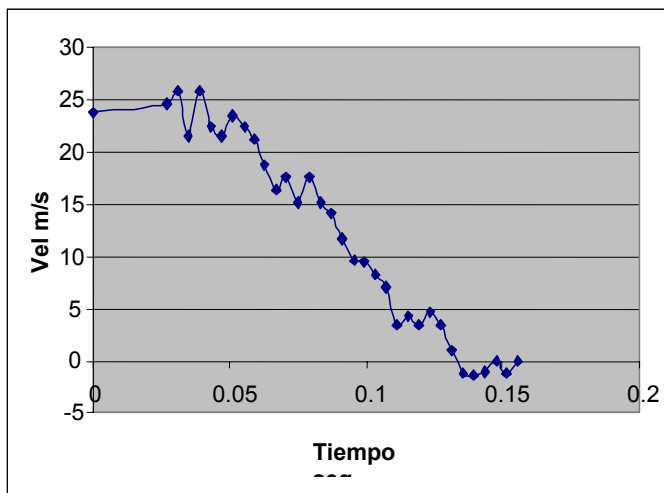
Con el cinturón de seguridad se incrementa la duración de la colisión, reduciendo a 10 veces la aceleración de la gravedad la fuerza necesaria. Esto incrementa notablemente las posibilidades de sobrevivir el choque. Con un peso de  $80 \text{ kg}$ , el cinturón de seguridad aplica cerca de  $800 \text{ kg}$  provocando moretones y costillas rotas. En este sentido, la bolsa de aire causa menos daño ya que distribuye la fuerza en un área mayor, pero tiene que aplicar la misma fuerza que el cinturón de seguridad, por lo que puede causar la muerte de un niño pequeño.

Dado que los datos analizados en el ejemplo anterior incluyen el tiempo y la deformación producida, se puede calcular la velocidad media entre tiempos consecutivos (Figura 6), encontrándose que la velocidad se incrementa casi al doble para el tercer dato lo que nos indica que la deformación o el tiempo correspondiente están equivocados. Puesto que la velocidad solamente puede disminuir, es posible estimar los valores correspondientes para encontrar una curva suave. Esto nos recuerda la conveniencia de analizar todos los datos experimentales para encontrar las equivocaciones. Dado que la palabra error se usa para estimar la incertidumbre en una medida, se usa equivocación para indicar un dato defectuoso. La figura 6 muestra no sólo la gráfica de velocidad media de los datos originales, sino también la corrección estimada.



**Figura 6.** Velocidad de un automóvil durante la colisión con un obstáculo. Los datos mostrados corresponden a: (x) los valores calculados a partir de los datos originales publicados en (5), y (o) los valores estimados al generar una curva suave. El tiempo cero corresponde al instante de la colisión.

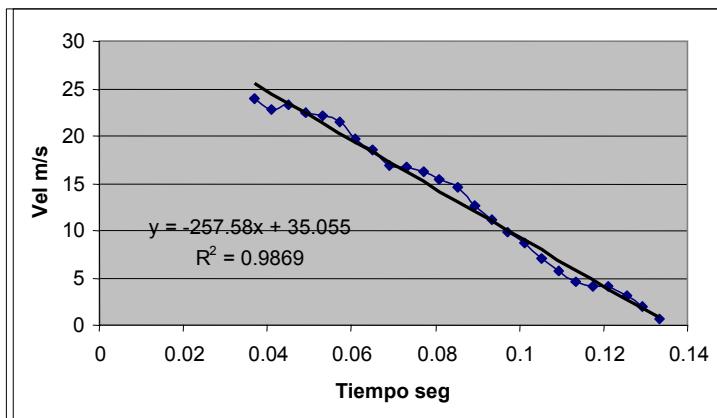
En otra serie de datos, un grupo de estudiantes registró la posición contra tiempo de un automóvil impactándose a 86 km/h contra un poste (6), obteniendo una gráfica con curvas suaves, sin ninguna irregularidad. Sin embargo la curva de velocidad promedio (Figura 7) muestra cambios bruscos de velocidad que no corresponden a aceleraciones reales, sino que son producidas por las estimaciones realizadas al medir la posición de la defensa trasera en la pantalla de la computadora en la que se realizan las medidas.



**Figura7.** Velocidad media de un automóvil al impactarse contra un poste a 86 km/h. La velocidad se calculó dividiendo deformaciones consecutivas entre el intervalo de tiempo. Las variaciones de corto plazo se deben a la incertidumbre en las posiciones medidas. Datos experimentales tomados de Bell y cols., (6).

El efecto de las variaciones debidas a la incertidumbre se reduce si se hace un promedio móvil sobre cuatro puntos. La Figura 8 muestra el efecto sobre la curva de velocidad promedio. Se pierden los primeros y los últimos tres puntos.

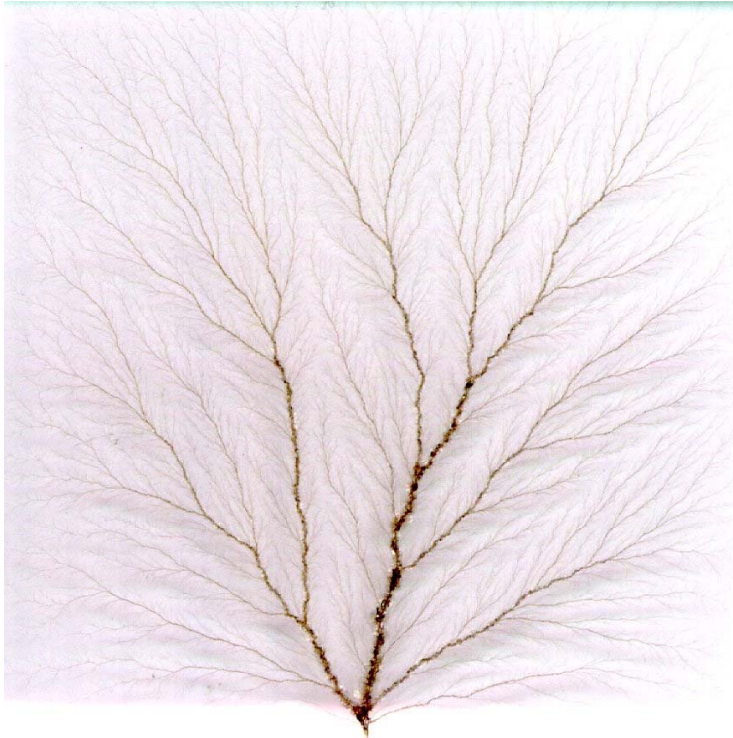
**Figura 8.** Velocidad de un automóvil al colisionar con un poste a 86 km/h. Los puntos mostrados corresponden al promedio móvil sobre cuatro puntos de los datos mostrados en la Figura 7. El promedio móvil sobre cuatro puntos reduce las variaciones debidas a la incertidumbre de los puntos individuales. Nos confirma que la aceleración promedio durante la deformación del motor es constante, o sea, fuerza constante. La recta corresponde al ajuste por regresión lineal de la velocidad contra tiempo.



Podemos ver que la aceleración promedio para este choque corresponde a cerca de 26 veces la aceleración de la gravedad. No hay cuerpo humano que la resista. En un choque el cambio en velocidad es igual a la velocidad inicial y en un choque de frente su duración es cercana a una décima de segundo. Lo pequeño del tiempo de colisión es lo que mata. Moraleja: si logramos incrementar el tiempo de colisión las aceleraciones son pequeñas, lo que se logra en colisiones de costado, que destrocen los lados del vehículo. En resumen, la Física puede salvar nuestras vidas.

### Motivación mediante preguntas

Como pregunta motivadora podemos plantear: qué pasa si bombardeamos una placa de plástico transparente, de 6 mm de espesor, con electrones acelerados por un millón de voltios. Se observa que los electrones no atraviesan la placa, si no que son detenidos en su interior. Dado que el plástico es un material aislante, los electrones al detenerse quedan atrapados en el volumen. Con el tiempo, la densidad local de electrones crece linealmente si la corriente de bombardeo es constante. Pero los electrones se repelen entre sí, lo que nos indica que si la densidad de electrones inyectados crece lo suficiente, crea un campo eléctrico interno capaz de moverlos. Si la energía que toma del campo es mayor que la energía que lo sujeta, un electrón acelerado libera a otro creando dos, los dos liberan a cuatro, y así sucesivamente, creando el proceso de avalancha que llamamos descarga eléctrica, con la consiguiente liberación de calor a lo largo de la trayectoria de la descarga. Esto funde al plástico momentáneamente para después volver a solidificar. En el plástico mostrado en la Figura 9, se introdujo un clavo para facilitar la salida de la corriente de la descarga. Puede observarse que las trayectorias se engruesan al acercarse al clavo, como un río se engruesa con sus afluentes.



**Figura 9.** Descarga eléctrica producida en el interior de una placa de plástico bombardeada con electrones de un millón de voltios. Cortesía de Esbaide Adem y Enrique Cabrera (Inst. Física, UNAM).

De la revista *Physics Teacher* (7) tomaremos un ejemplo acerca de la fuerza que ejerce un objeto cargado eléctricamente sobre un chorrito delgado de agua. El experimento, sencillo de hacer, es frotar un globo con una bolsa de plástico. Acercando el globo cargado al chorrito se observa una fuerza de atracción. La pregunta es: ¿Si acercamos la bolsa de plástico al chorrito, éste: se atrae, se repele o no le pasa nada?

El *Physics Teacher* y la mayoría de los libros que lo mencionan dicen que la fuerza de atracción se debe al carácter dipolar de la molécula del agua, que se orientan bajo la acción de los campos externos. Esta respuesta se olvida de que el agua es conductora por la presencia de iones (8); lo que implica que los campos eléctricos no penetran en el seno del líquido, sin posibilidad de orientar a los dipolos moleculares. La fuerza observada es la fuerza normal entre una carga inducida y la carga inductora, lo cual sirve como ejemplo para ilustrar que no siempre lo que está impreso es cierto.

¿Virar o frenar?

Supongamos que un automovilista a una velocidad de  $54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$  se acerca a una intersección, en la cual se detiene un trailer impidiendo el paso de frente, tal y como se ilustra en la Figura 10. ¿Qué le conviene al conductor, tratar de frenar en línea recta o girar el volante, siguiendo el círculo de mínimo radio?

La fuerza de fricción entre las llantas y el piso, la podemos utilizar para reducir la velocidad del coche en línea recta o para cambiar la dirección del movimiento haciendo girar el volante. Si utilizamos la máxima fuerza de fricción posible, sin que el coche patine, podemos



seguir una trayectoria que sea un arco de círculo con el mínimo radio posible. Si intentamos que gire en un radio menor, solamente lograremos que el coche patine perdiendo el control del mismo.

La fricción entre dos superficies es proporcional a la fuerza normal de contacto, en este caso, el peso del coche y a la constante de proporcionalidad le llamamos coeficiente de fricción. Supongamos que el coeficiente de fricción es de 0.8, ya sea para frenar o para girar, y la distancia inicial entre coche y trailer es de 14 metros.

¿Qué pasa si el conductor da un volantazo tratando de que gire más rápido de lo que permite la fuerza de fricción?

Recordemos que al frenar disipamos energía, pero el movimiento en círculo la conserva.

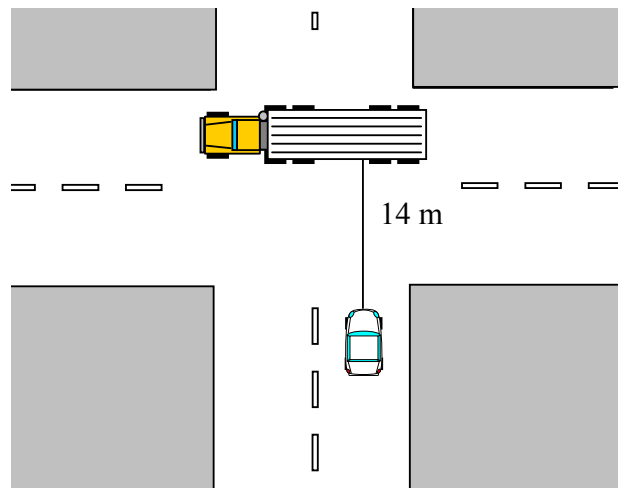


Figura 10. Diagrama trailer coche.

Respuestas:

Choque.-El conductor del coche puede usar la fuerza de fricción para detener al coche en línea recta o para tratar de desviarlo en una trayectoria circular. El radio de la trayectoria circular no puede ser más pequeño que cierto valor. Si el conductor da el volantazo excediendo este valor, el coche se patinara como si solo hubiera frenado, con riesgo de volcarse (¿Por qué?). El radio de giro (R) está dado por la fuerza centrípeta aplicada por la fuerza de fricción de las llantas con el piso.

Así, tenemos que igualando la fuerza centrípeta a la fuerza de fricción:

$$\frac{mv^2}{R} = \mu m g \quad \text{por lo tanto} \quad R = \frac{v^2}{\mu g}$$

en donde:

m = masa del coche (kg)

v = velocidad del coche (15 m/s)

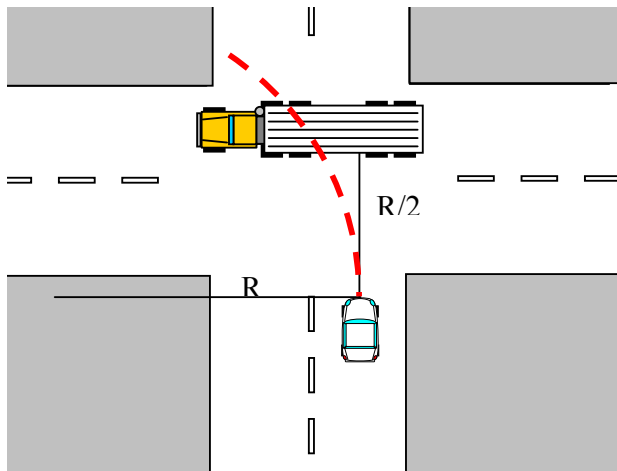
R = radio de giro (m)

g = constante de aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

μ = coeficiente de fricción (0.8)

Ahora si hubiera frenado en línea recta la deceleración ( $a$ ) producida es igual a  $\mu \cdot g$  y la distancia ( $x$ ) necesaria para frenar esta dada por:

$$x = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2\mu g}$$



**Figura 11.** Diagrama trailer coche las dos posibles trayectorias extremas: frenando o girando.

Substituyendo valores numéricos se encuentra que hacen falta 14 metros para frenar mientras que el radio de giro es de 28 metros. La figura 11 muestra que la diferencia de las trayectorias es muy pequeña (11% de la distancia de frenado) y que el coche moviéndose por la trayectoria circular se estrella con toda su velocidad mientras que si hubiera frenado no hubiera chocado. Si la distancia es más de 14 metros frenando no tiene ningún problema. Si la distancia es menor de 14 metros, .....

Esto es un claro ejemplo de que la Física funciona en la vida diaria siempre y cuando el análisis lo hayamos hecho antes del evento; durante el choque no tenemos tiempo de pensar.

#### Cohete de aire

Como demostración experimental se puede utilizar el disparo de un cohete impulsado por aire, consistente en un tubo de media pulgada de PVC acoplado a la boca de una botella de plástico desechable de dos litros. Como proyectil se utiliza un acetato enrollado al diámetro del tubo de PVC y tapado en su extremo con una cinta de enmascarar. Apretando súbitamente la botella desechable se incrementa la presión interna, acelerando a  $1000 \text{ m/s}^2$  al proyectil, que sale a  $20 \text{ m/s}$  al separarse del tubo de PVC. Considerando como tiro parabólico el tiempo de vuelo es cercano a 4 segundos.

Lo interesante es calcular numéricamente el vuelo del cohete, aprovechando que se tienen computadoras con posibilidades de manejar bases de datos. Para poder calcular la fuerza de fricción con el aire, se requiere de un experimento extra para medir el coeficiente de fricción experimentalmente, ya sea considerando un modelo en donde la fricción es proporcional a la velocidad, o bien, al cuadrado de su velocidad. Filmando la caída del cohete y una piedra desde una altura de 8 metros, se miden tiempos y posiciones. Esta información, depende esencialmente del coeficiente de fricción con el aire. Así, una manera simple de calcularlo es

resolver numéricamente las ecuaciones de movimiento, ajustando las constantes para reproducir el movimiento experimental.

Podemos suponer una fuerza de fricción proporcional a la velocidad o al cuadrado de la velocidad. Esto es:  $F_f = k \cdot v$  o bien  $F_f = k \cdot v^2$

La fuerza total ( $F_t$ ) será el peso, estimado como el producto de la masa por la gravedad ( $m \cdot g$ ) menos la fuerza de fricción ( $k \cdot v$  o bien  $k \cdot v^2$ ):

Si en una primera aproximación, consideramos que:  $F_f = k \cdot v$

Entonces:

$$F_t = m \cdot a = m \cdot dv/dt = m \cdot g - k \cdot v$$

Considerando que  $dv/dt$  puede sustituirse por  $\Delta v/\Delta t$  si se toman intervalos de tiempo muy pequeños, entonces al despejar de la ecuación anterior  $\Delta v$  se obtiene:

$$\Delta v = (g - k \cdot v/m) \Delta t$$

Por otra parte

$$\text{Velocidad final} = \text{Velocidad inicial} + \Delta v$$

Si consideramos  $\Delta z$  como el desplazamiento del cohete con velocidad promedio  $\langle v \rangle$  en el intervalo  $\Delta t$ , entonces:

$$\Delta z = \langle v \rangle \Delta t \quad \text{y puesto que} \quad \text{Altura final} = \text{Altura inicial} + \Delta z$$

Tomando como cero la altura y velocidad iniciales, podemos calcular las velocidades y posiciones cada centésima de segundo ( $\Delta t = 0.01$ ). Para la caída libre la aceleración es constante e igual a  $g$  (recordemos que  $g = -9.8 \text{ m/s}^2$ ).

Si hay fricción la aceleración es  $g - k \cdot v/m$ .

Para  $t = 0.01$  s, el cambio en velocidad es  $-0.098$  m/s

La velocidad final es  $-0.098$

El cambio en altura es  $-0.000049$  m, usando la velocidad media en el intervalo

La altura final es  $-0.000049$  m.

Para  $t = 0.02$  s, se repiten exactamente las mismas operaciones pero con los nuevos valores. Si hacemos esto en una base de datos, podemos darle a la computadora la orden de copiar en renglones posteriores, con lo que se repiten automáticamente las operaciones. Dando un valor estimado a la constante  $k$  de fricción podemos calcular la trayectoria con fricción y comparar con la altura calculada para la caída libre. Si el atraso a los 8 metros de caída libre es mayor de  $0.3$  m nos indica que el coeficiente  $k$  es mayor que el valor real. Cambiando el valor de esta constante, la computadora rehace el cálculo y en unas cuantas iteraciones podemos obtener un valor ajustado para la constante  $k$ .

La tabla 4 nos muestra los valores calculados para los primeros intervalos de integración. Las primeras columnas se refieren a la caída libre, las siguientes a una fricción proporcional a la velocidad. La última columna es una comparación con la solución analítica del problema verificando que una centésima de segundo es suficiente para que los errores estén en la cuarta cifra significativa. La Figura 12 muestra los resultados completos del experimento de simulación mostrado en la Tabla 4, considerando tanto el caso en donde la fricción con el aire es directamente proporcional a la velocidad ( $k \cdot v$ ) o al cuadrado de la misma ( $k \cdot v^2$ ).

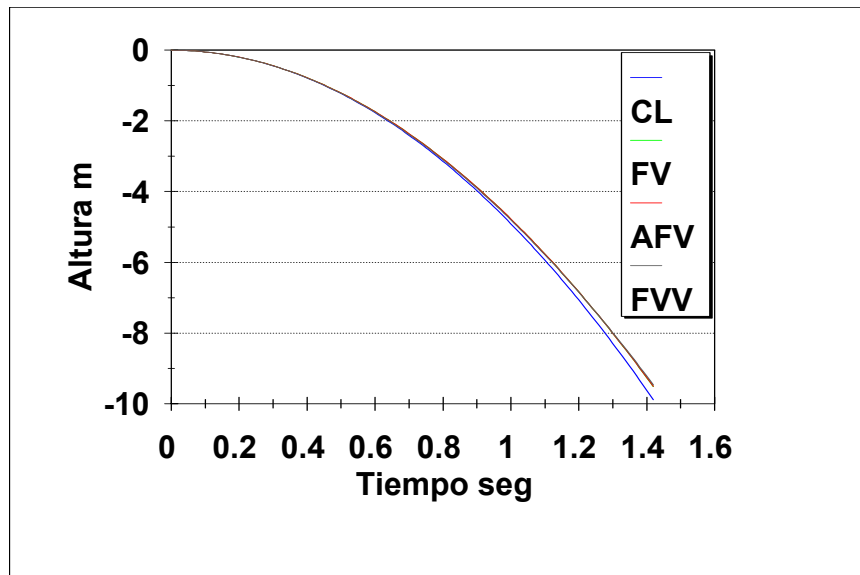
**Tabla 4.** Ejemplo de un ajuste numérico del coeficiente de fricción mediante un procedimiento iterativo aplicado a la caída libre de un cohete de aire.

Caída libre sin fricción					Caída libre considerando la fricción con el aire					Solución Analítica
$\Delta v$ (m/s)	Velocidad (m/s)	$\Delta Z$ (m)	Z Caída Libre (m)	Tiempo (s)	$\Delta v$ (m/s)	Velocidad (m/s)	$\Delta Z$ (m)	Zfricción V (m)	ZfricciónV (m)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.098	-0.098	-0.00049	-0.00049	0.01	-0.098	-0.098	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049
-0.098	-0.196	-0.00147	-0.00196	0.02	-0.097918	-0.195918	-0.00147	-0.00196	-0.001959	-0.001959
-0.098	-0.294	-0.00245	-0.00441	0.03	-0.097837	-0.293755	-0.00244	-0.004408	-0.004406	-0.004406
-0.098	-0.392	-0.00343	-0.00784	0.04	-0.097755	-0.39151	-0.00342	-0.007834	-0.007831	-0.007831
-0.098	-0.49	-0.00441	-0.01225	0.05	-0.097674	-0.489184	-0.00440	-0.012238	-0.012233	-0.012233
-0.098	-0.588	-0.00539	-0.01764	0.06	-0.097592	-0.586776	-0.00538	-0.017618	-0.017611	-0.017611
-0.098	-0.686	-0.00637	-0.02401	0.07	-0.097511	-0.684287	-0.00635	-0.023973	-0.023963	-0.023963
-0.098	-0.784	-0.00735	-0.03136	0.08	-0.09743	-0.781717	-0.00733	-0.031303	-0.03129	-0.03129

Los resultados mostrados corresponden a los cálculos obtenidos en las primeras ocho centésimas de caída libre.

La masa del cohete de aire considerada es de 0.012 kg

El valor de la constante de fricción utilizada en el ajuste numérico mostrado es de 0.001

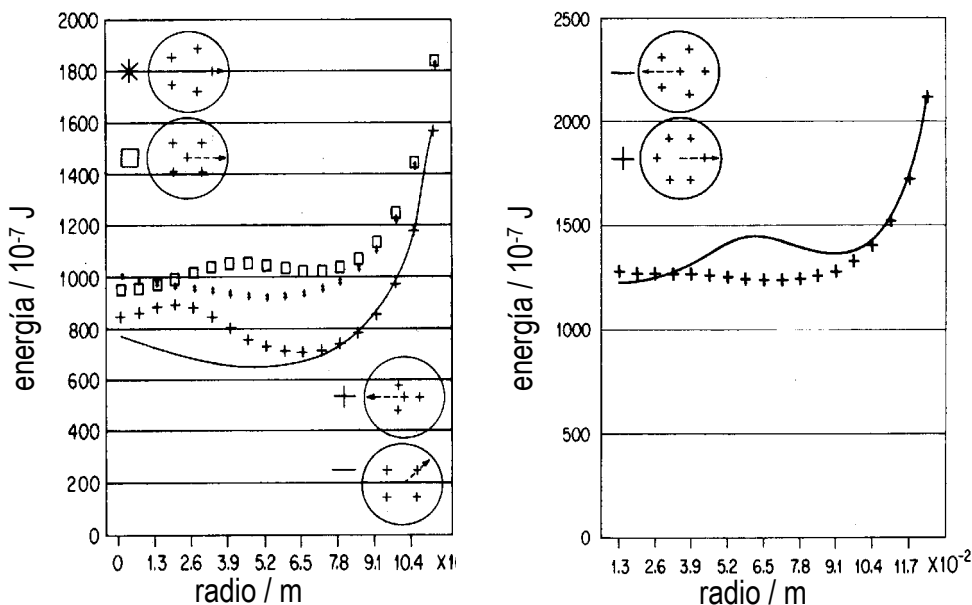


**Figura 12.** Ajuste numérico del coeficiente de fricción con el aire considerando varias alternativas. La fricción lineal, la cuadrática y la solución analítica son casi iguales en este intervalo. Caída Libre CL, Fricción  $kV$  FV, Solución Analítica  $kV$  AFV, Fricción  $kV^2$  FVV.

Este ejercicio muestra el poder de la computadora para simular experimentos y hace muy claro la integral como sumatoria. Esto hace accesible al estudiante cualquier problema de calcular la trayectoria de un objeto conociendo la fuerza que lo mueve. También ilustra el hecho de que los resultados experimentales no siempre permiten discriminar claramente entre dos modelos alternativos, ya que en este caso es evidente por los resultados de la Figura 12, que las curvas obtenidas considerando la fricción con el aire casi se sobreponen, siendo ligeramente mejor el ajuste para la fricción directamente proporcional a la velocidad ( $k \cdot v$ ); mejorando la precisión o midiendo un intervalo mayor será mas clara la discriminación,

Equilibrio, cristales y energía de activación (9)

Estos conceptos se pueden aclarar con la ayuda imanes flotando en agua, en un recipiente circular. Si el recipiente es transparente se puede colocar sobre el retroproyector para que se pueda ver en un auditorio grande. Rodeando al recipiente se colocan muchos imanes con sus ejes verticales o una bobina con corriente directa. Si colocamos un imán flotando con su eje vertical, este o es repelido al centro (equilibrio estable) o es atraído al borde del plato, según cual sea el polo en la parte superior. En este ultimo caso, el imán colocado en el centro tiene un equilibrio inestable.



**Figura 13.** Energía magnética de cuatro, cinco y seis imanes, moviéndose uno de ellos a lo largo de la línea radial indicada en el inserto. Figura tomada de Riveros y cols. (9).

El caso del equilibrio estable corresponde a que todos los imanes periféricos lo repelen y solamente en el centro se cancela la suma de todas las fuerzas. Tenemos que hacer trabajo para sacarlo del centro, indicando un mínimo en la energía potencial. El equilibrio estable corresponde a mínimos en la energía potencial. Si colocamos tres imanes flotando, que se repelen entre sí, se forma un triángulo equilátero. Cuatro se acomodan en un cuadrado, con

cada imán flotando en una posición de equilibrio estable. Cinco se acomodan en un pentágono o en cuadrado con un imán al centro. Tenemos dos configuraciones de equilibrio con diferentes energías potenciales. Con seis, las configuraciones son hexágono o pentágono centrado (Figura 13).

El hecho de que se formen figuras simétricas se debe a la simetría del pozo de potencial en que tenemos a los imanes, pero eso pasa en la naturaleza con las sustancias cristalinas, que tienen una celda elemental bien definida. El hecho de que tengamos dos configuraciones de equilibrio indica que necesitamos dos energías de activación para pasar de un estado a otro.

### **Conclusión.**

Si el investigar es un arte tiene dos consecuencias profundas: en su enseñanza, enseñar un arte es muy diferente de formar artesanos; debemos dar oportunidad a nuestros discípulos de escoger su tema de investigación. En la profesión, al escoger un tema de trabajo, es importante que el mismo nos inspire, para que trabajemos con gusto; descubriremos que esto aumenta nuestra eficiencia. Al acabar una Licenciatura hay que tomar la decisión importante de sí incorporarse a la sociedad civil o continuar estudios superiores, necesarios para una carrera académica.

### **Referencias**

1. Lightman A, (2005) A tale of two loves. *Nature* 434: 299-300.
2. Kemp M, (2005) From science in art to the art of science. *Nature* 434: 308-309
3. McMullen K, (2005) [Experimental physics, experimental art. \*Nature\* 434: 310-311.](#)
4. Edwards DK, Denny VE, Mills AF, (1979) *Transfer Processes* McGraw-Hill New York.
5. SAAB videotape (1992) *Popular Science* (October): 60-61.
6. Ball PL, Doolen GD, Fry ES, Wedin MD (1974) [Car-crash experiment for the undergraduate laboratory. \*Amer J Phys\* 42: 645-648.](#)
7. Hewitt P. (1994). *Figuring Physics. Phys Teacher* 32: 254.
8. Riveros HG. (1995) [Electric behavior of water. \*Phys Teacher\* 33: 420.](#)
9. Riveros H, Cabrera E, Gally M, Fujioka J y Ruíz Mejía C. (1993) [Models for the early stages of nucleation \*J.Crys. Growth\* 128: 44-49.](#)

## **EL PLACER DE INVESTIGAR**

### **Entender causa placer, un incentivo para la investigación y la didáctica**

#### **Resumen**

Investigar en ciencias es buscar la respuesta a las preguntas que nos hacemos sobre la naturaleza, lo que a su vez genera nuevas preguntas. Cuando entendemos sentimos placer, que es el incentivo que a lo largo de los siglos nos ha llevado al estado actual del conocimiento. Las artes tienen tres características: el placer que siente el artista cuando ejecuta su obra, el placer del espectador; y que requieren aptitudes o inspiración. Similarmente, cuando entendemos algo sentimos placer, que podemos transmitir, y para ello, se requiere también de aptitudes e inspiración. Entonces podemos decir que pensar es un arte.

Con demostraciones, experimentos y preguntas mostraremos que entender el por qué de las cosas es placentero. Y que este placer es el motivador del investigador, que como un

artista, obtiene placer de su arte. Cuando se investiga en los temas que nos interesan, tenemos mejores ideas simplemente porque todo el tiempo estamos pensando en el tema sin esfuerzo de nuestra parte. Si el investigar es un arte, tiene dos consecuencias profundas: en su enseñanza, porque enseñar un arte es muy diferente de formar artesanos; debemos dar oportunidad a nuestros discípulos de escoger su tema de investigación. En la profesión, al escoger un tema de trabajo, es importante que el mismo nos inspire, para que trabajemos con gusto; descubriremos que esto aumenta nuestra eficiencia.

**Palabras clave:** Vocación, investigación, arte, ciencia, razonamiento, interpretación de datos, demostración

### Semblanza del Dr. Héctor G. Riveros.



Héctor G. Riveros Rotgé nació en la ciudad de México el 16 de octubre de 1940. Realizó estudios de licenciatura, maestría y doctorado en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Ha realizado estancias de investigación en Utah y Alabama, por lo que forma parte de lo que quizá, sea la primera generación de investigadores mexicanos con prestigio internacional cuya formación académica se ha consolidado en nuestra Casa de Estudios.

Ha sido jefe de los departamentos de Metalurgia, Materia Condensada y Energía del Instituto de Física, UNAM y en el Centro de Investigación Avanzada-Unidad Mérida; secretario académico del Centro de Instrumentos e Instituto de Física, y coordinador de la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias. Ha sido miembro de varias comisiones dictaminadoras y organizador de cinco simposios nacionales e internacionales de Estado Sólido. Colabora con los programas “Domingos en la Ciencia” y “Jóvenes Hacia la Investigación” y es miembro del Comité Internacional de Conferencias Interamericanas de la Enseñanza de la Física.

Desde 1963 que se incorporó a las tareas académicas en su facultad, ha consolidado su formación a través de la experiencia docente que ha adquirido al impartir cursos en la Universidad Autónoma Metropolitana, en las universidades de Veracruz, San Luis Potosí, Sonora y la de Guadalajara. También ha sido profesor invitado y conferencista en las universidades de Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Guatemala, El Salvador, Honduras y Venezuela. Asimismo ha dirigido 18 tesis de licenciatura, ocho de maestría y dos de doctorado en la UNAM.

El Dr. Riveros ha publicado como especialista en física 50 trabajos de investigación, 14 memorias en congresos y 93 de divulgación y enseñanza de la física, ha hecho cuatro películas, siendo una de ellas premiada; ha presentado 144 trabajos en congresos, impartido 377 conferencias, de las cuales 109 son magistrales (internacionales 55, nacionales 54). En docencia ha impartido 105 cursos cortos, incluyendo 35 internacionales. Ha escrito diez libros sobre los principales tópicos de Física a nivel bachillerato y licenciatura.

Su curso más popular es ¿Quiero mejorar mi clase de física?, sus conferencias “El arte de pensar” y “Los placeres del pensamiento” muestran los aspectos placenteros de la ciencia, y han sido presentadas desde Canadá hasta Argentina. A lo largo de su trayectoria profesional, se

ha especializado en el área del estado sólido y crecimiento de cristales, diseño del equipo utilizado, flujo radiante de calor, dinámica molecular y contaminación atmosférica. Es miembro de diversas sociedades científicas, entre las que destacan: Sociedad Mexicana de Física, Academia Mexicana de la Ciencia, American Society for Crystal Growth, Sociedad Mexicana de Instrumentación, American Association of Physics Teacher y la Sociedad Mexicana de Cristalografía.

El doctor Riveros ha recibido numerosas distinciones como: miembro honorario del Comité Organizador del Congreso Internacional de Enseñanza de la Física, 1987; investigador nacional de Sistema Nacional de Investigadores desde 1984; miembro del Consejo Técnico Consultivo de la Calidad del Aire en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1992; miembro del Comité Nacional para el Cambio Global IGBP; miembro del Contributed Papers Program Comité-Applied Physics and Technology; diploma de primer lugar por la película "Tensión Superficial, 1993; y el premio Universidad Nacional 2000 en el área de Docencia en Ciencias Exactas.